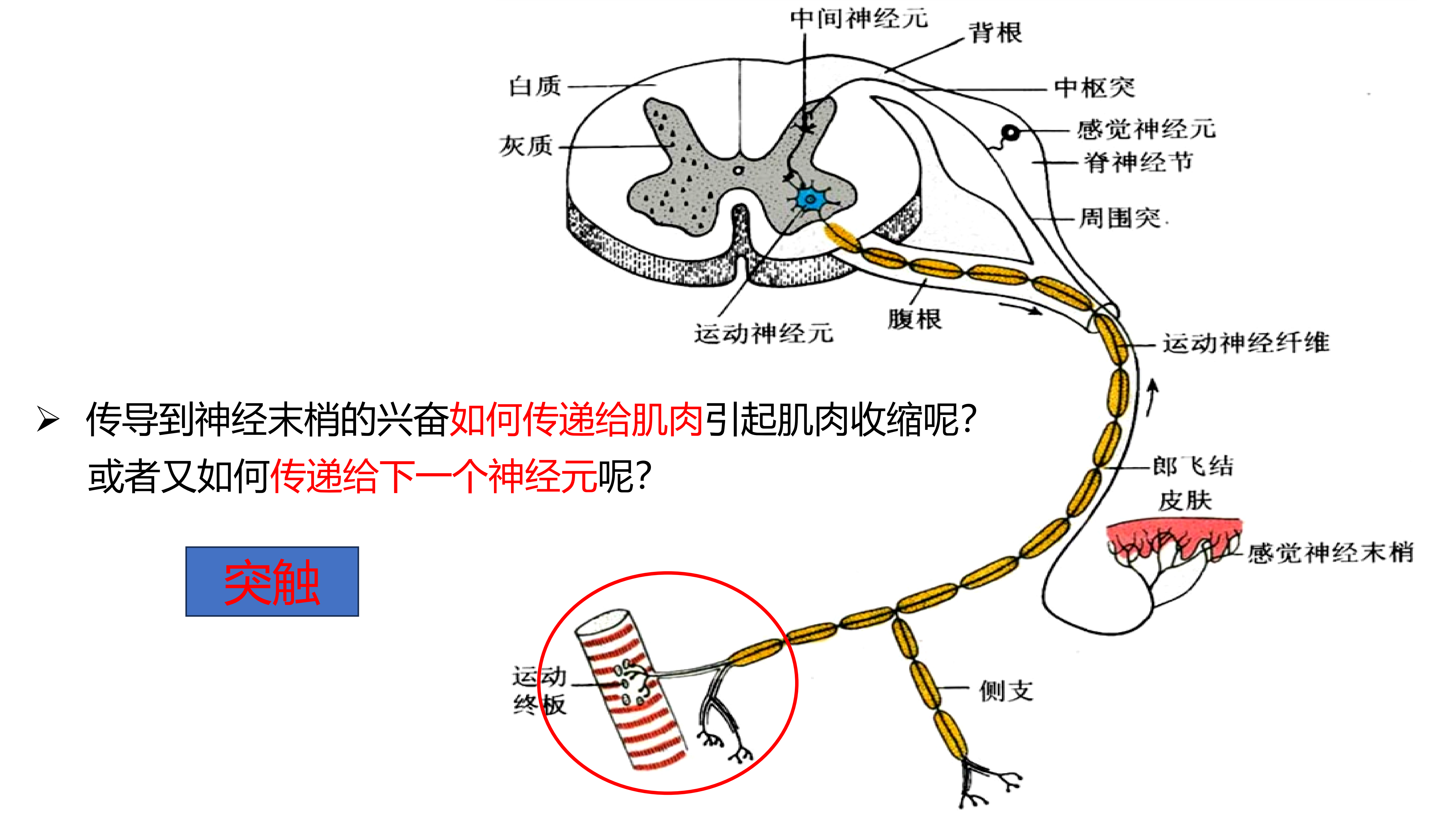


- 传导到神经末梢的兴奋如何传递给肌肉引起肌肉收缩呢?或者又如何传递给下一个神经元呢?

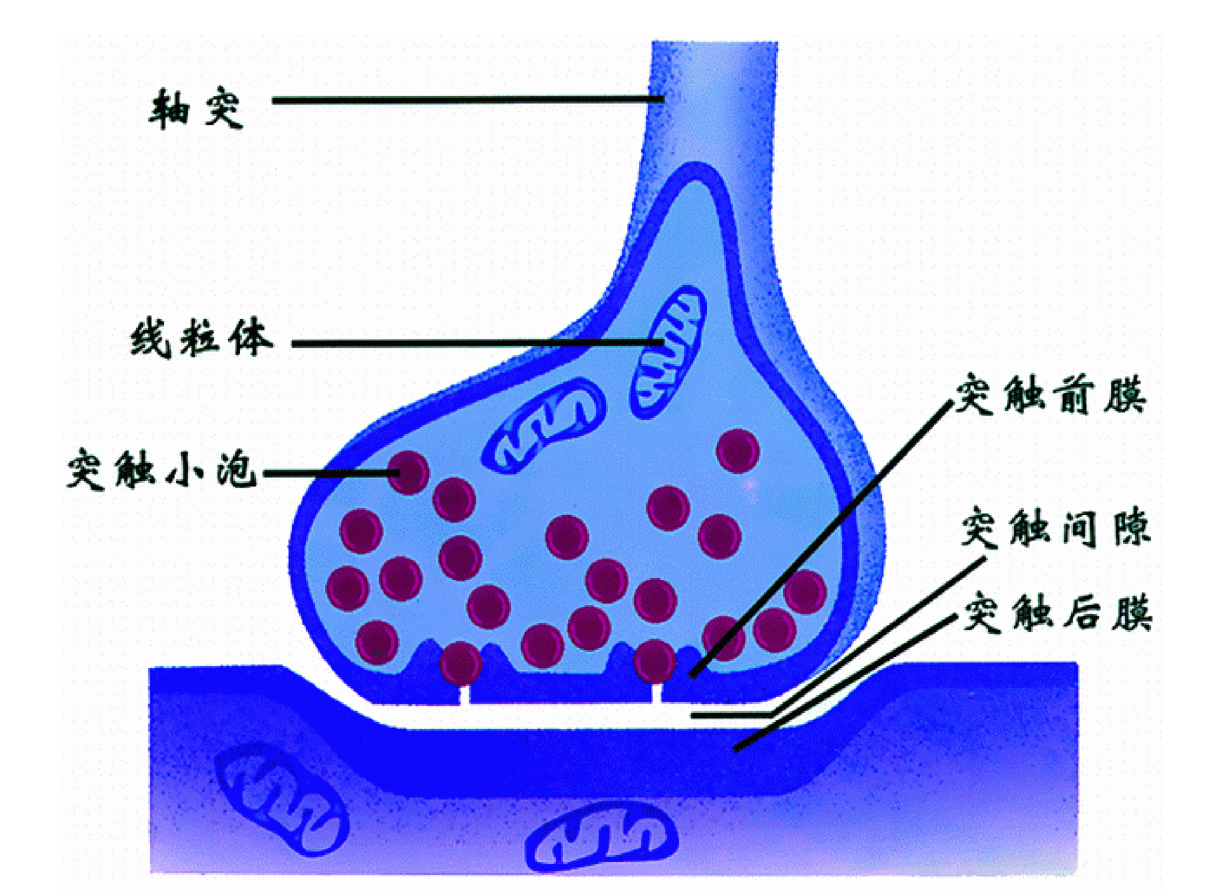
突触

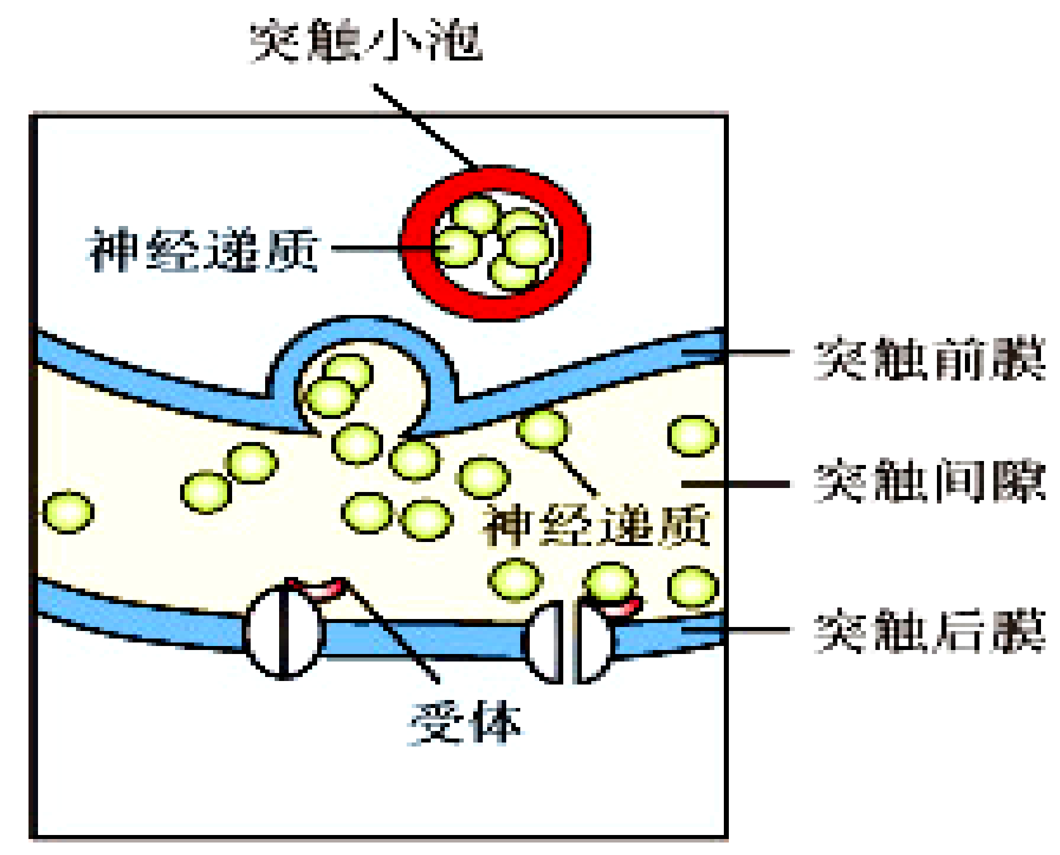
突触的信号传递：

突触小体：一个神经元的轴突末梢经过多次分支，最后每一小支的末端膨大呈杯状或球状的结构。 突触小体内的突触小泡含有神经递质（一些化学物质）。

突触：一个神经元与另一个神经元或其他细胞相接触的部位。

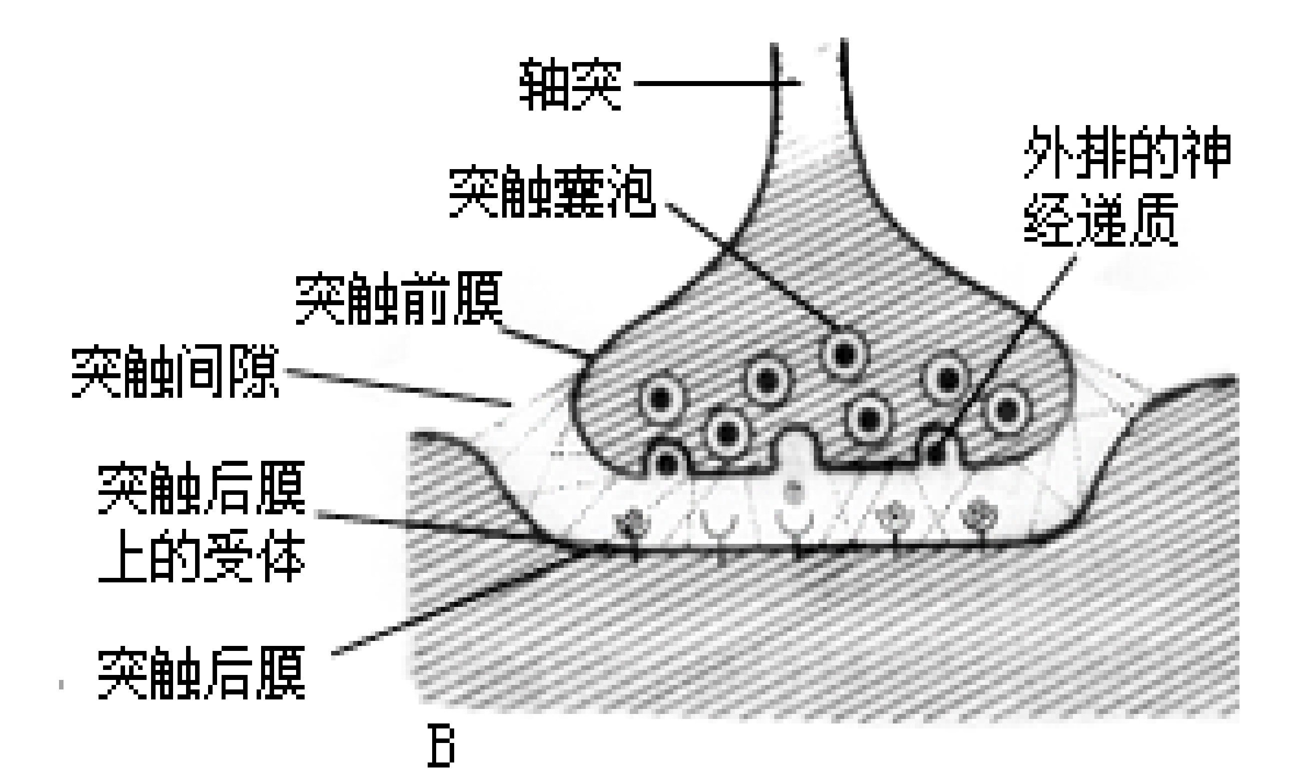
由突触前膜、突触间隙和突触后膜构成。





- 当神经冲动到达时，钙离子大量进入突触前膜，促使突触小泡释放化学递质进入间隙，与突触后膜上的递质受体结合，Na+大量涌入，突触后膜发生电位变化，从而实现神经冲动的传导。钙离子在突触传递中具有重要的作用。

- **化学突触：** 突触前后膜之间有20-50nm的空隙。

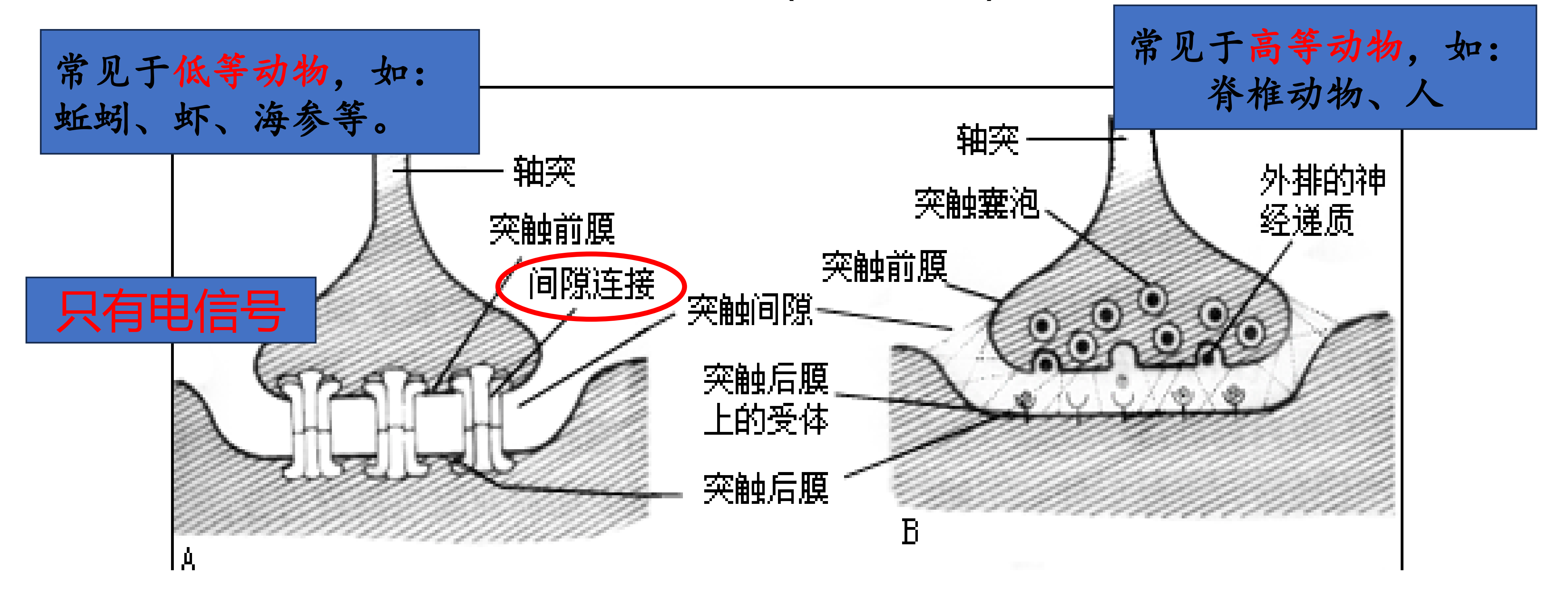


电信号-

化学信号-

电信号

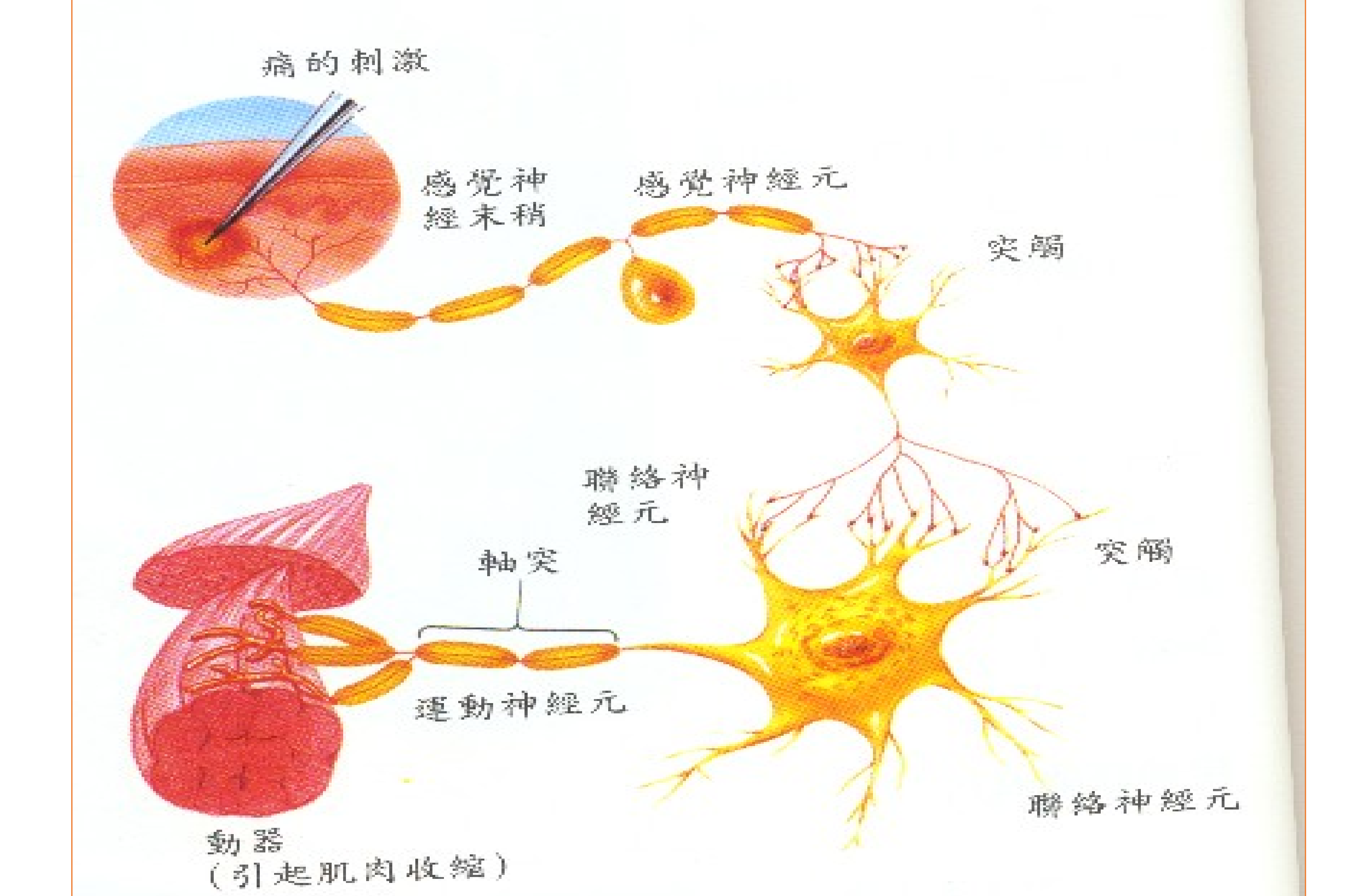
- 突触前膜和突触后膜紧紧贴在一起，形成缝隙连接，电流通过缝隙连接从突触前细胞流向突触后细胞，从而引起后神经细胞膜的电位变化。
- 电突触：特点：速度快，无方向（可以双向）。

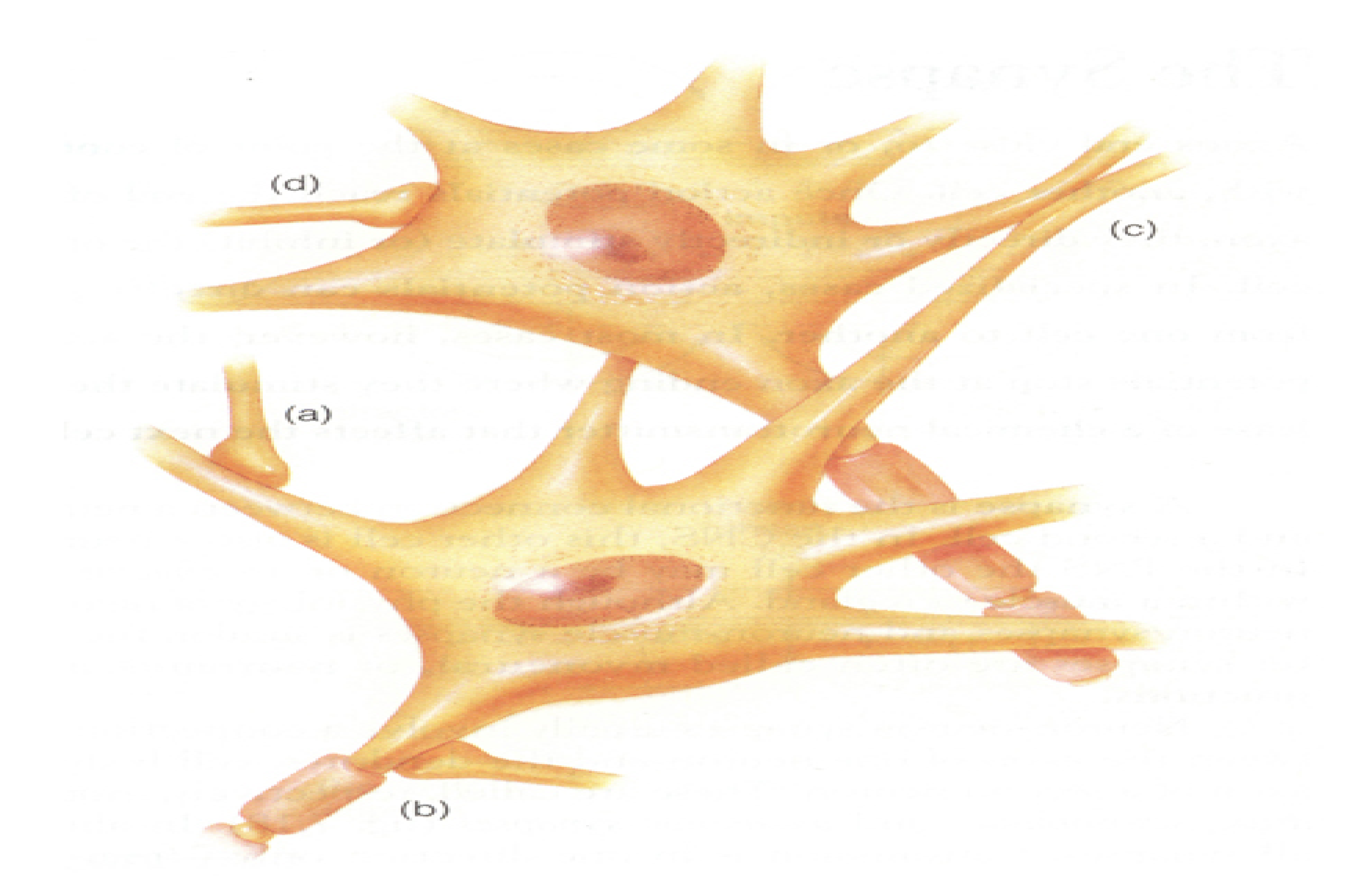


2、突触的分类

根据突触信息传递的方式分： 化学突触和电突触

按突触形成部位分： 轴突-树突、轴突-轴突、轴突-胞体型突触


痛的刺激
感覺神
經末梢
感覺神經元
突觸
聯絡神
經元
突觸
軸突
運動神經元
聯絡神經元
動器
（引起肌肉收縮）


(d)
(c)
(a)
(b)

2、突触的分类

根据突触信息传递的方式分： 化学突触和电突触

按突触形成部位分： 轴突-树突、轴突-轴突、轴突-胞体型突触

按对继后神经元的影响分： 兴奋性突触和抑制性突触

取决于神经递质的类型

神经递质

1. 概念：在化学性突触传递过程中起信息传递作用的化学物质。

2. 神经递质的分类:

- 经典神经递质：乙酰胆碱
  单胺类（去甲肾上腺素、5 - 羟色胺）
  氨基酸类（γ - 氨基丁酸、甘氨酸、丙氨酸)
- 神经肽类
- 其他类型：NO、CO、组织胺、腺苷

3. 神经递质的代谢：合成、储存、释放、失活。

4. 种类：分为兴奋性神经递质和抑制性神经递质。

Na+ 内流

- 有的化学递质与突触后膜上的受体结合后，引起后膜去极化。当去极化足够大达到阈值后便会产生动作电位。

兴奋性神经递质

- 有的递质与突触后膜上受体结合后,使后膜极化作用反而增大，即引起超极化。

Cl- 内流

抑制性神经递质

因为通过它释放的递质作用后,使得后一个神经元更不容易发放神经冲动了。

●乙酰胆碱受体：M受体、N受体

●M受体兴奋引起：心脏抑制、腺体分泌、平滑肌收缩、瞳孔缩小、血管扩张（骨骼肌）

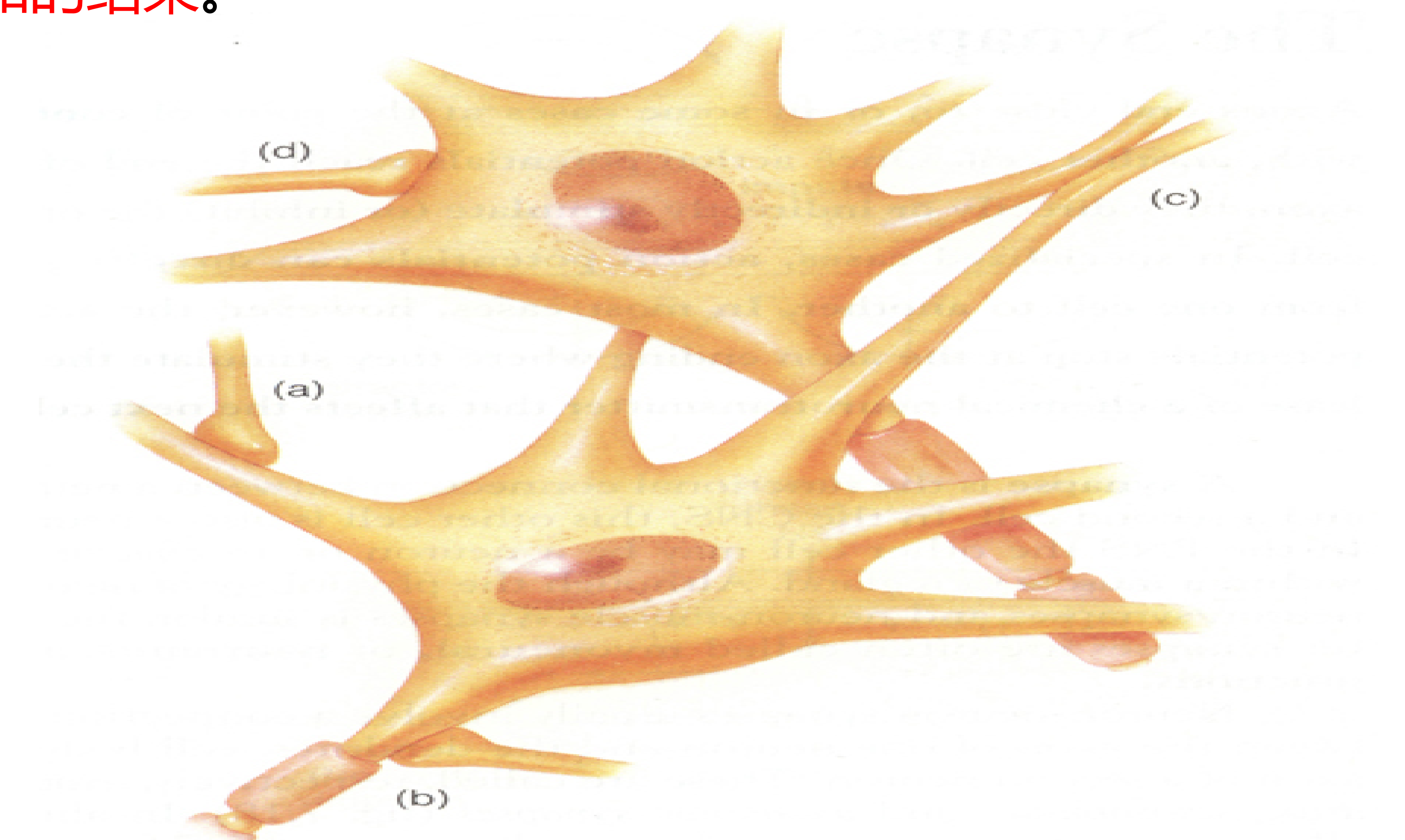
●N受体兴奋引起：骨骼肌收缩

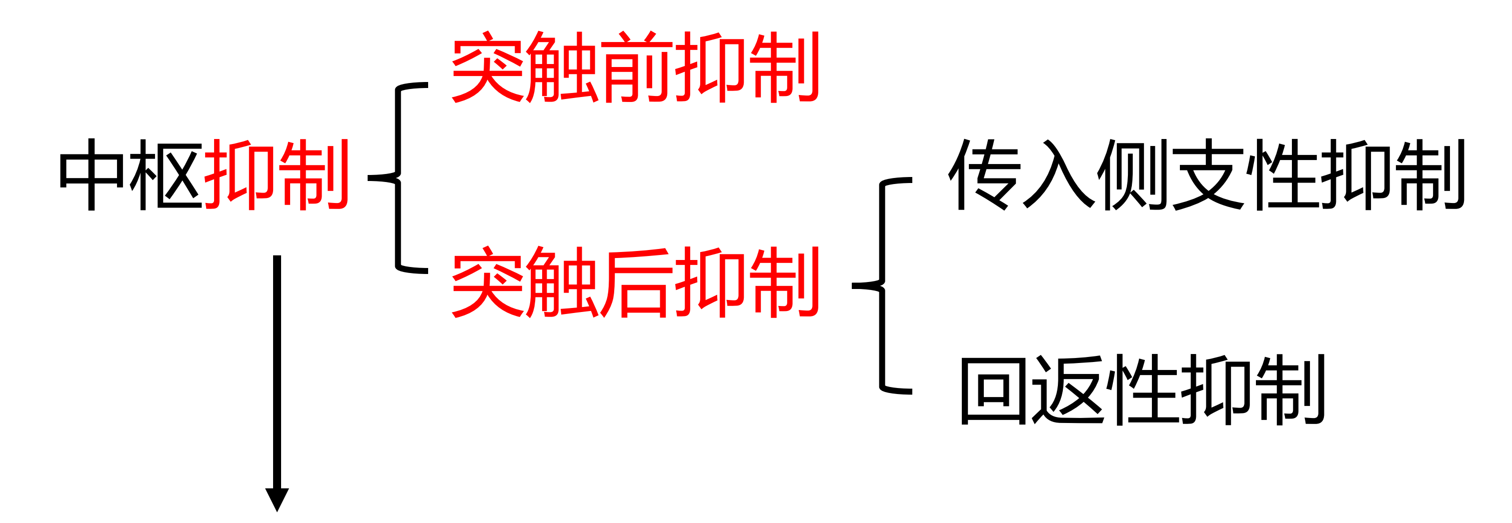
●过度兴奋时：

M受体：心率减慢、针尖样瞳孔、恶心、呕吐、腹痛、腹泻、流涎、大汗、尿频、大小便失禁、支气管痉挛等（M症状-毒蕈碱样症状）

N受体：肌纤维震颤、抽搐（N症状-烟碱样症状）

- 一个神经元上有时有几个突触作用在上面，有的引起去极化，有的引起超极化。
- 最后，在这个神经元的轴突上能不能形成冲动发放，要看全部突轴后电位总和的结果。





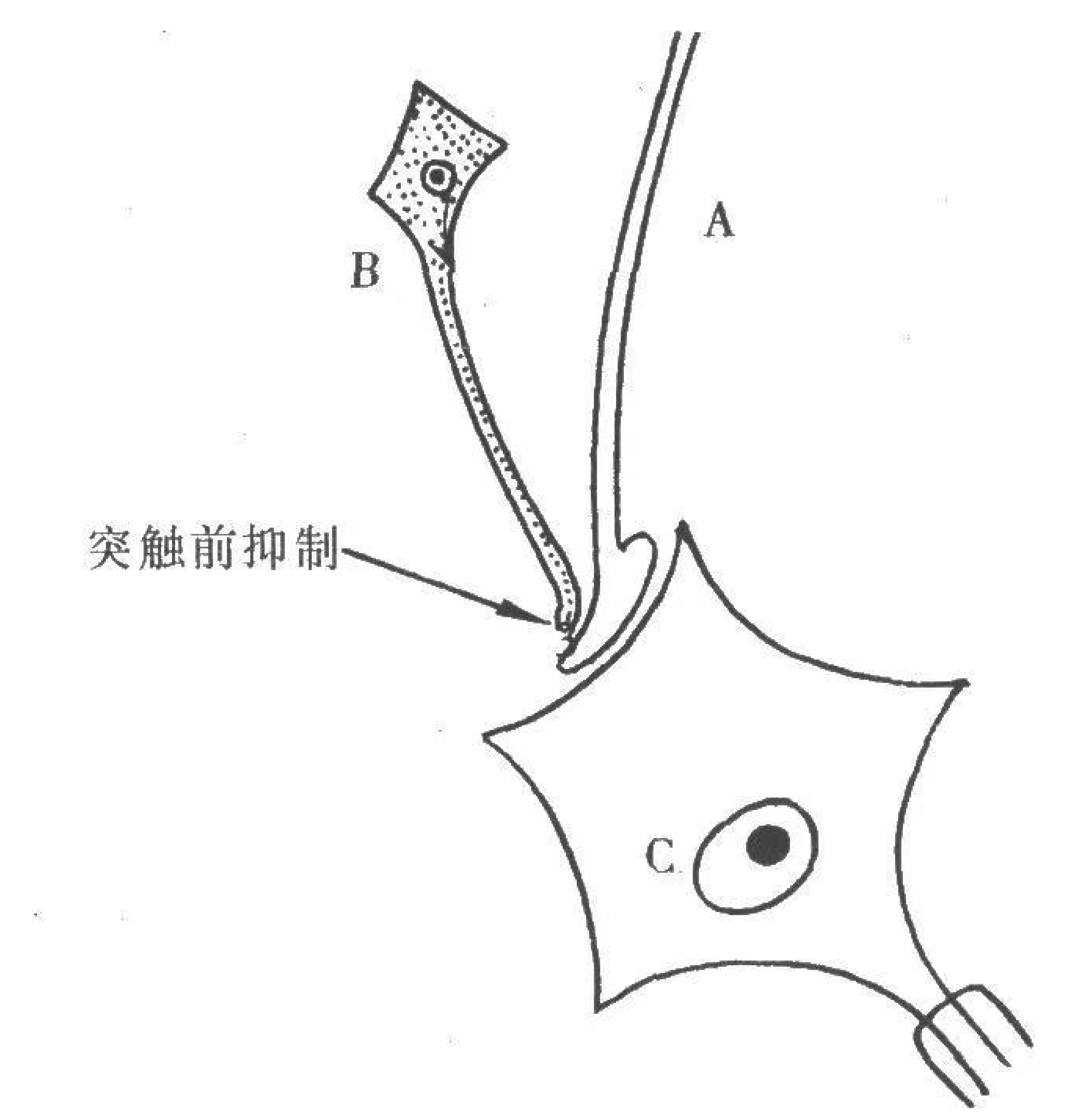
使后一神经元：

①难以兴奋

②不能兴奋

突触前抑制：难以兴奋

- B神经元释放兴奋性神经递质，使A预先去极化；
- 此时当A神经元的兴奋传至神经末梢时，引起的动作电位幅度较小；
- A神经末梢处钙离子内流变少，神经递质释放减少；
- A释放兴奋性神经递质，但C的兴奋效果较弱。

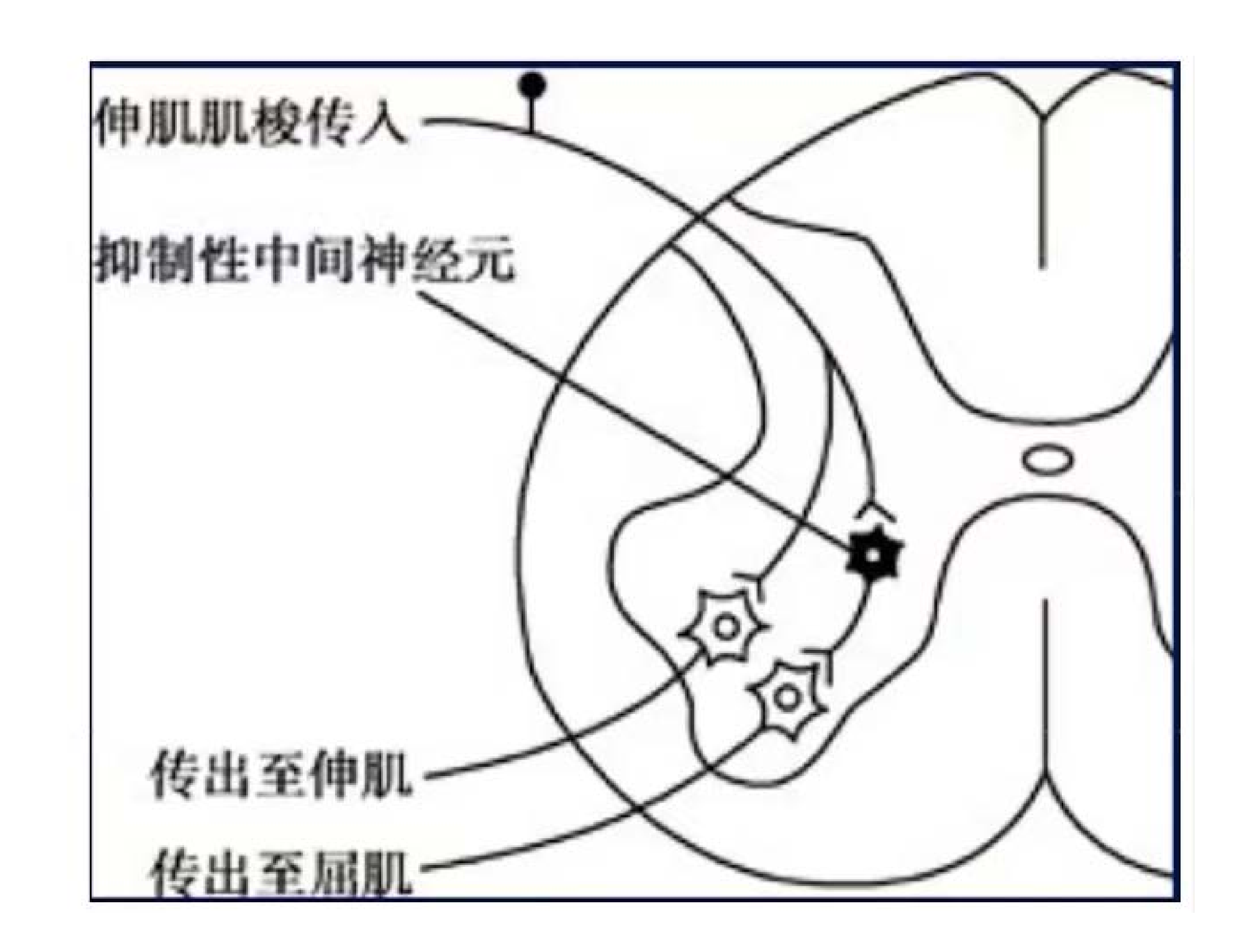


突触后抑制 —— 传入侧支性抑制

- 典例：膝跳反射
- 伸肌兴奋——收缩
- 抑制屈肌兴奋——屈肌舒张

- 被抑制的神经元是非同类神经元

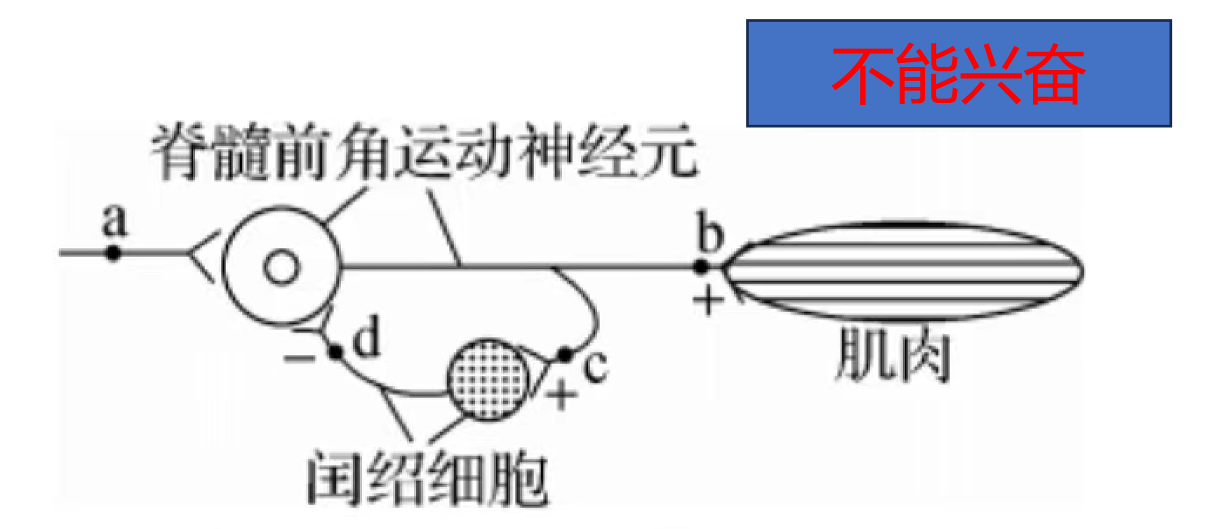
不能兴奋

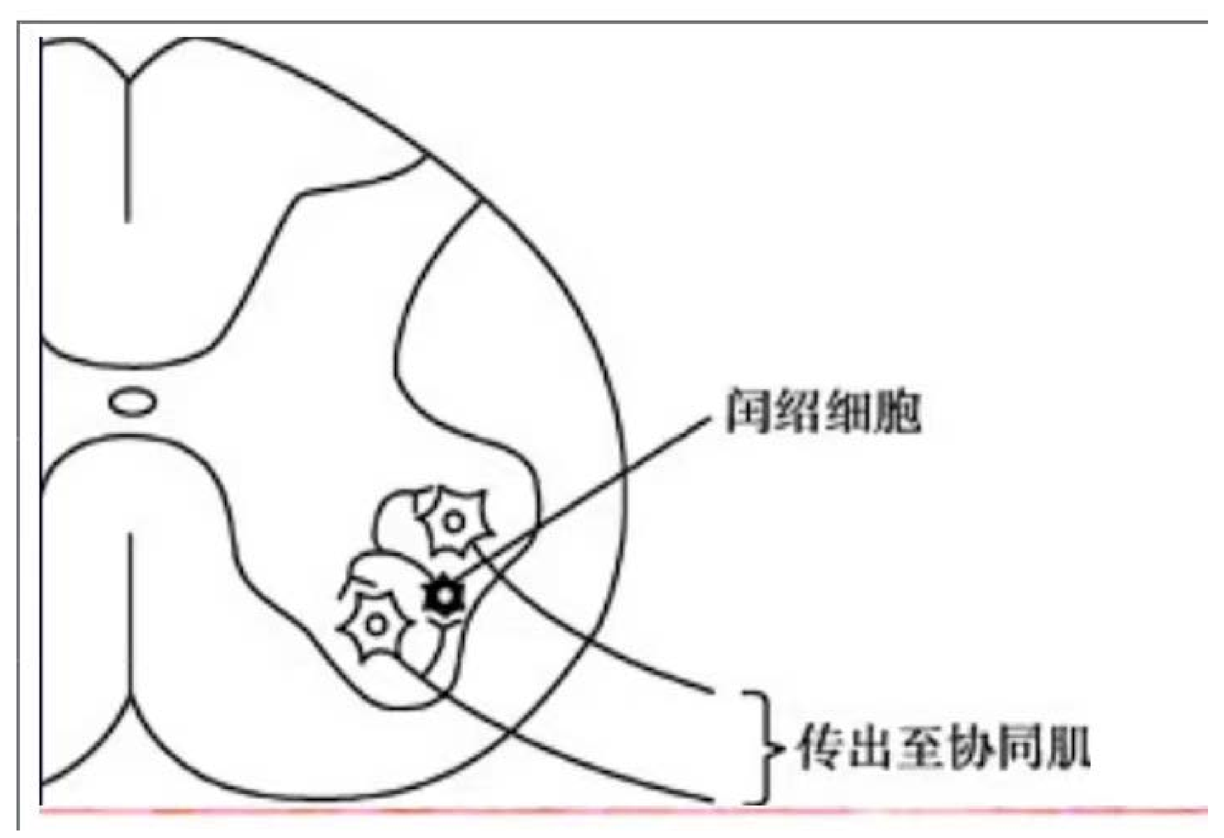


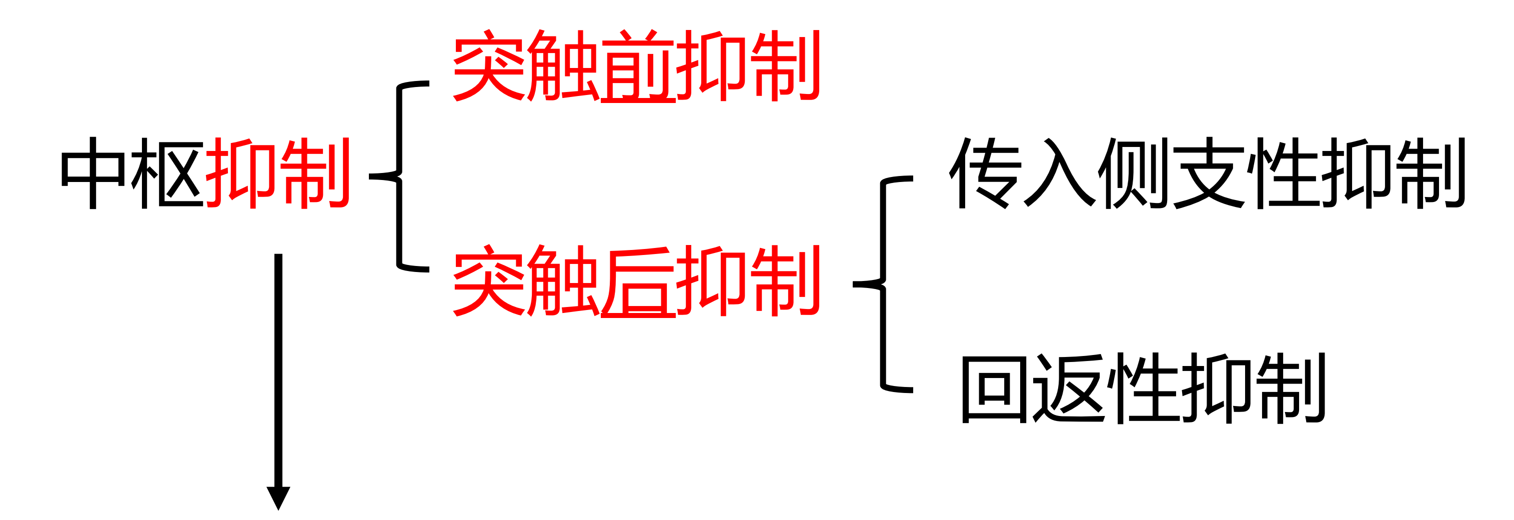
突触后抑制 —— 回返性抑制

- 被抑制的神经元是同类神经元或者神经元本身

不能兴奋







使后一神经元：

①难以兴奋

②不能兴奋

二、神经系统的结构

（一）神经系统的演变

神经网➔神经节➔神经索➔脑

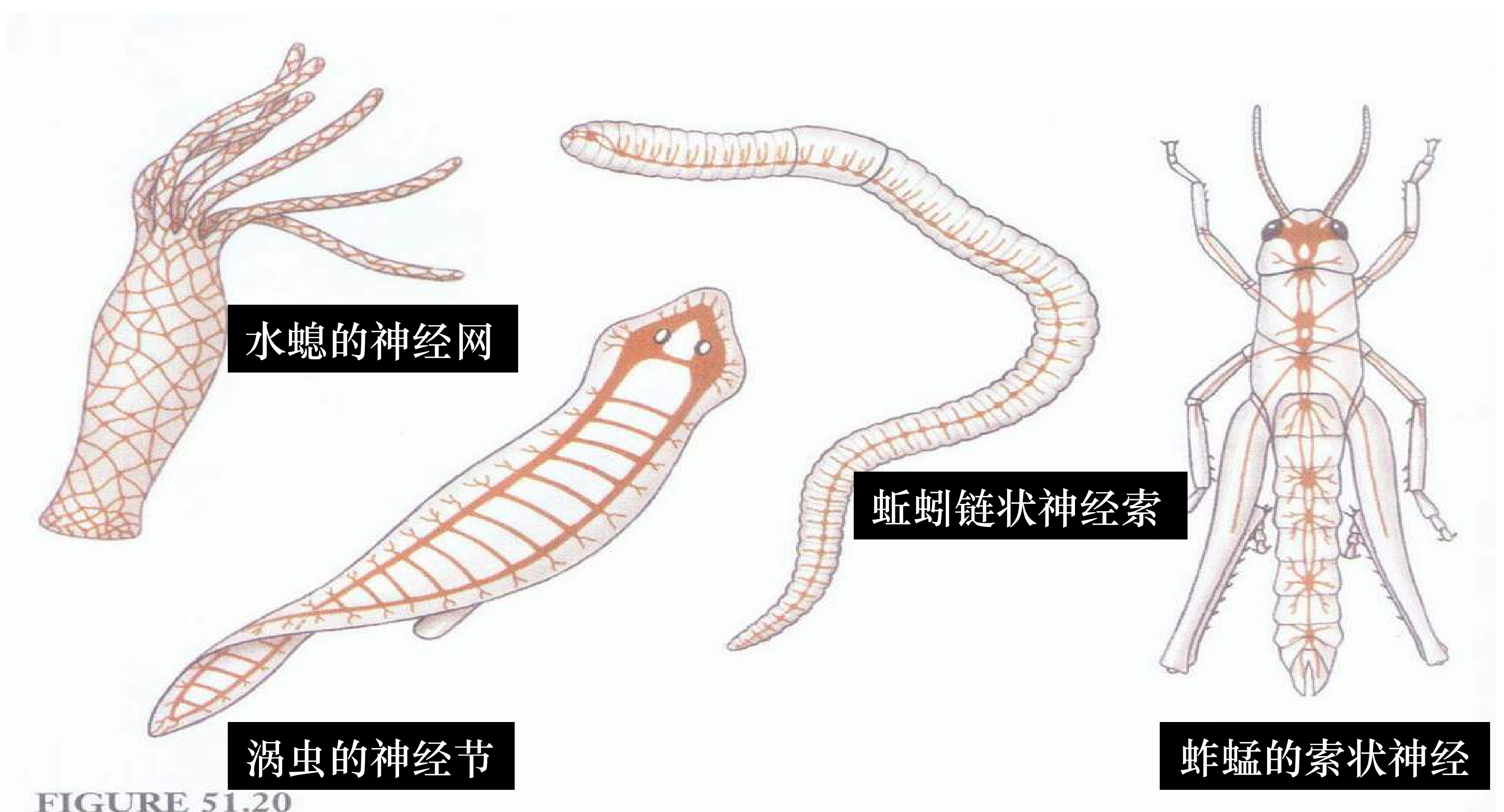


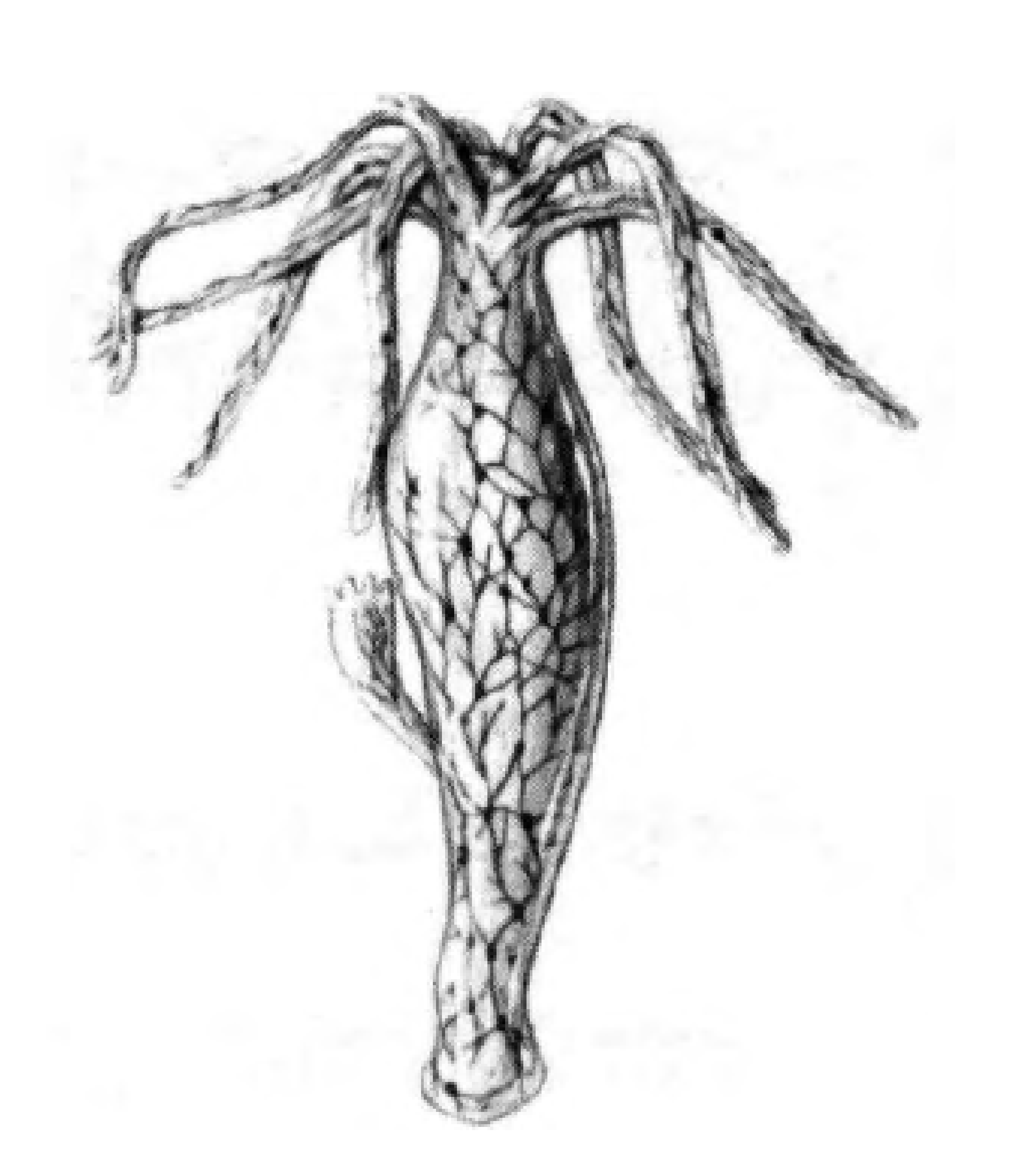
FIGURE 51.20
Evolution of the nervous system. Invertebrates exhibit a progressive elaboration of organized nerve cords and the centralization of complex responses in the front end of the nerve cord.

（一）神经系统的演变

神经网➞神经节➞神经索➞脑

- 1、神经网

- 最简单的神经系统
- 由神经细胞的神经纤维交织而成
- 在刺胞动物中广泛存在（如珊瑚虫、软珊瑚、海蜇、海葵、水螅等）

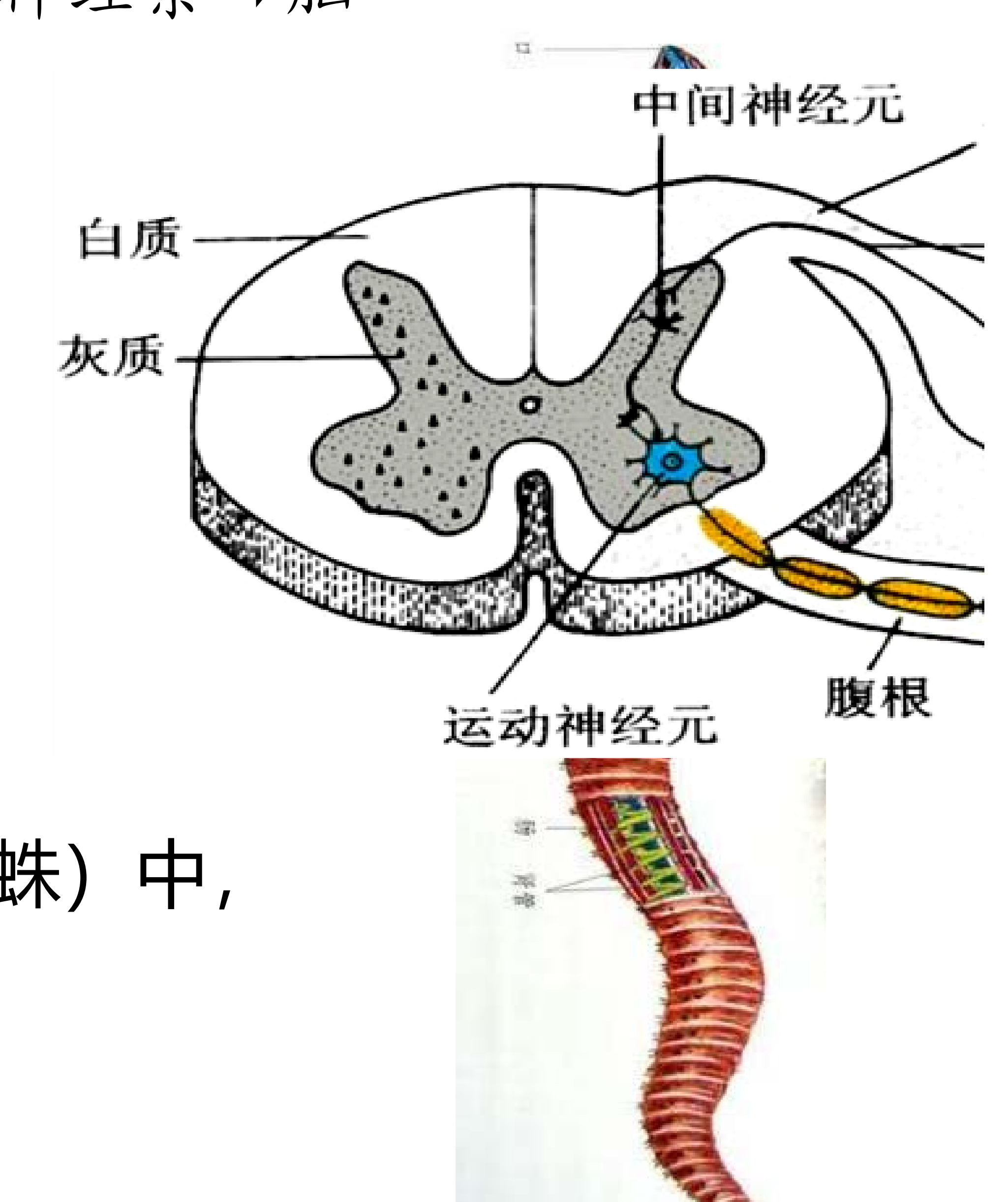


（一）神经系统的演变

神经网➞神经节➞神经索➞脑

- 2、神经节

- 神经元的胞体逐步集中形成神经节
- 神经系统进化史上的一个重要进步
- 从腔肠动物开始就有
- 有体节的无脊椎动物（蜈蚣、蜜蜂、蜘蛛）中，每一体节都有一个神经节



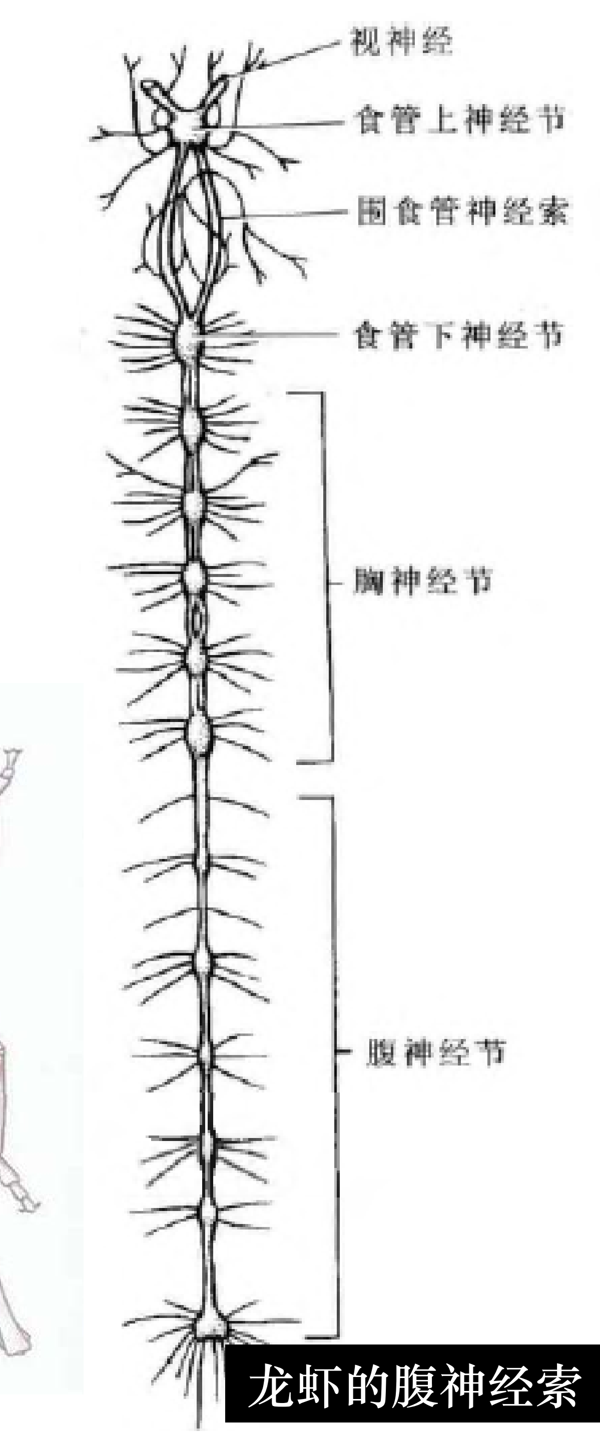
(一）神经系统的演变

神经网➞神经节➞神经索➞脑

- 3、神经索

- 一系列神经节通过神经纤维联系在一起，形成神经索
- 环节动物和节肢动物都有腹神经索

蚱蜢的索状神经



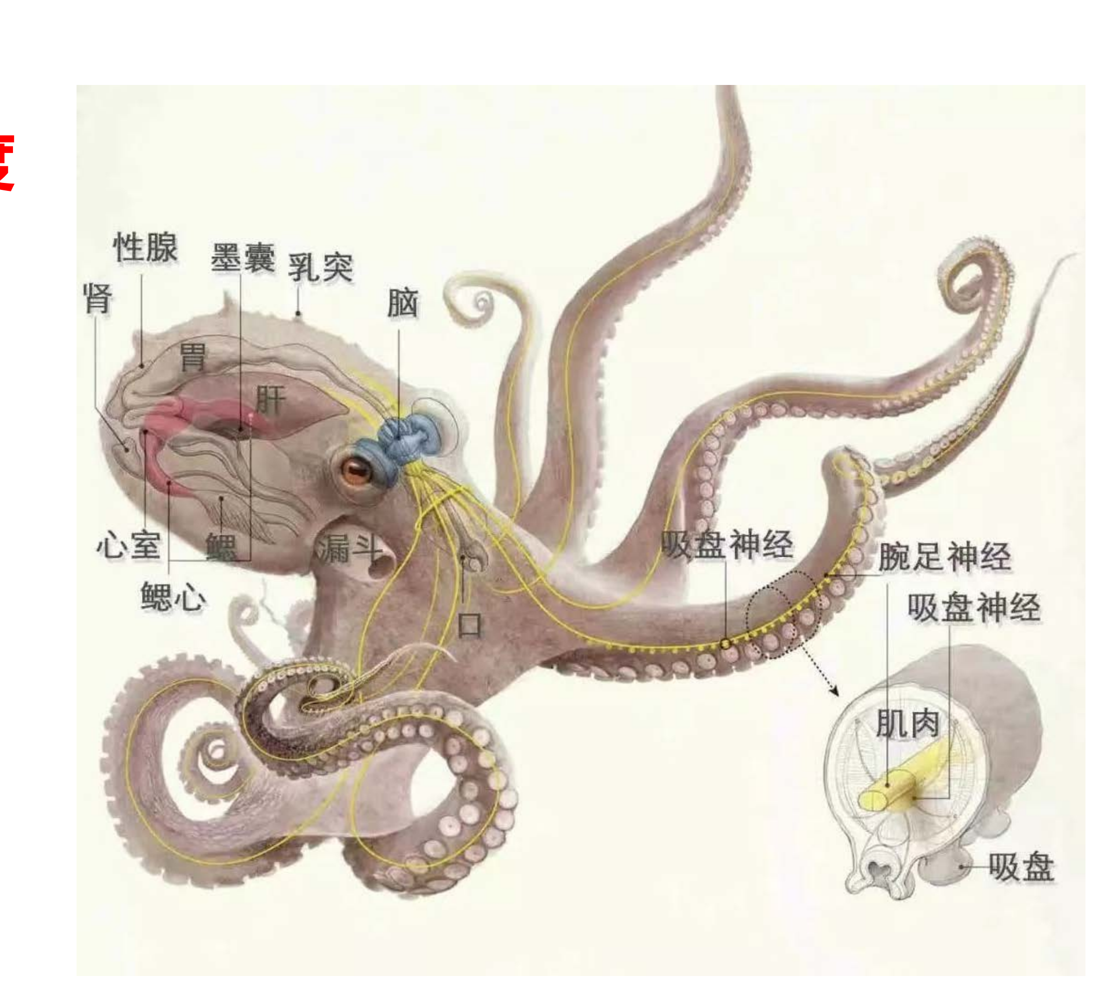
龙虾的腹神经索

（一）神经系统的演变

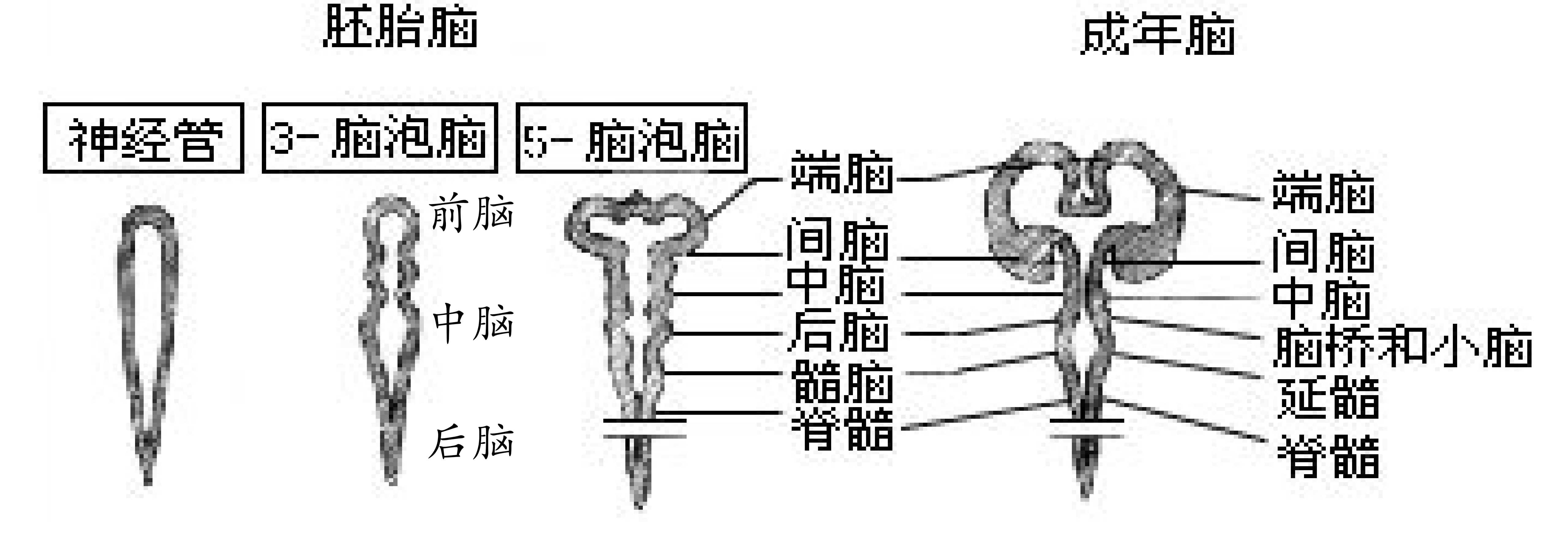
神经网➞神经节➞神经索➞脑

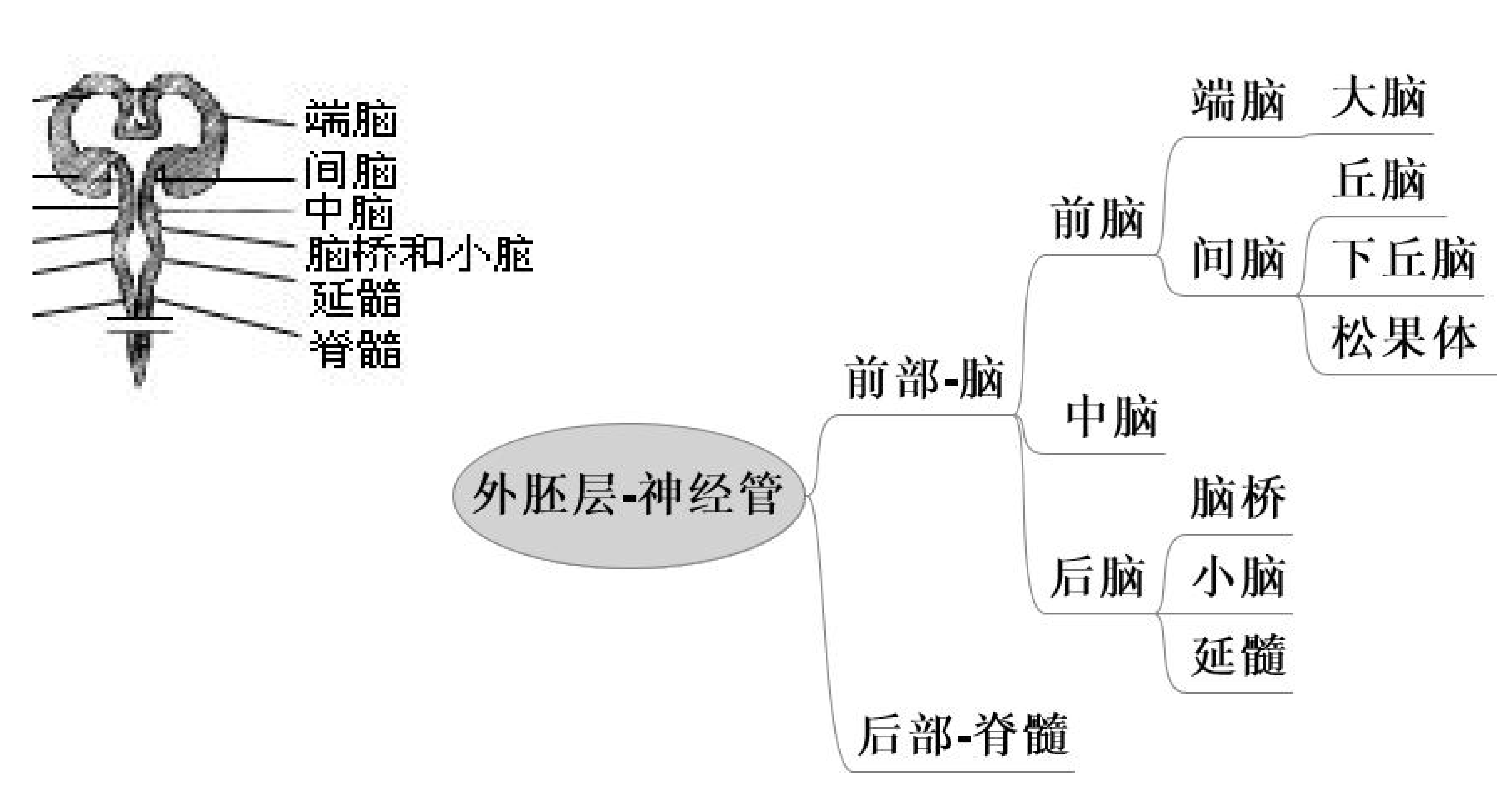
- **4、脑**
- **动物头部几个神经节趋向于融合在一起形成脑**
- **神经系统进化史的又一大进步**
- **结构更加复杂，而且对其他神经节有不同程度的控制作用**

- 章鱼的神经系统是无脊椎动物中最发达的，脑内约有1亿个神经元
- 脊椎动物更复杂
- 人最复杂



（二）脊椎动物中枢神经系统的进化



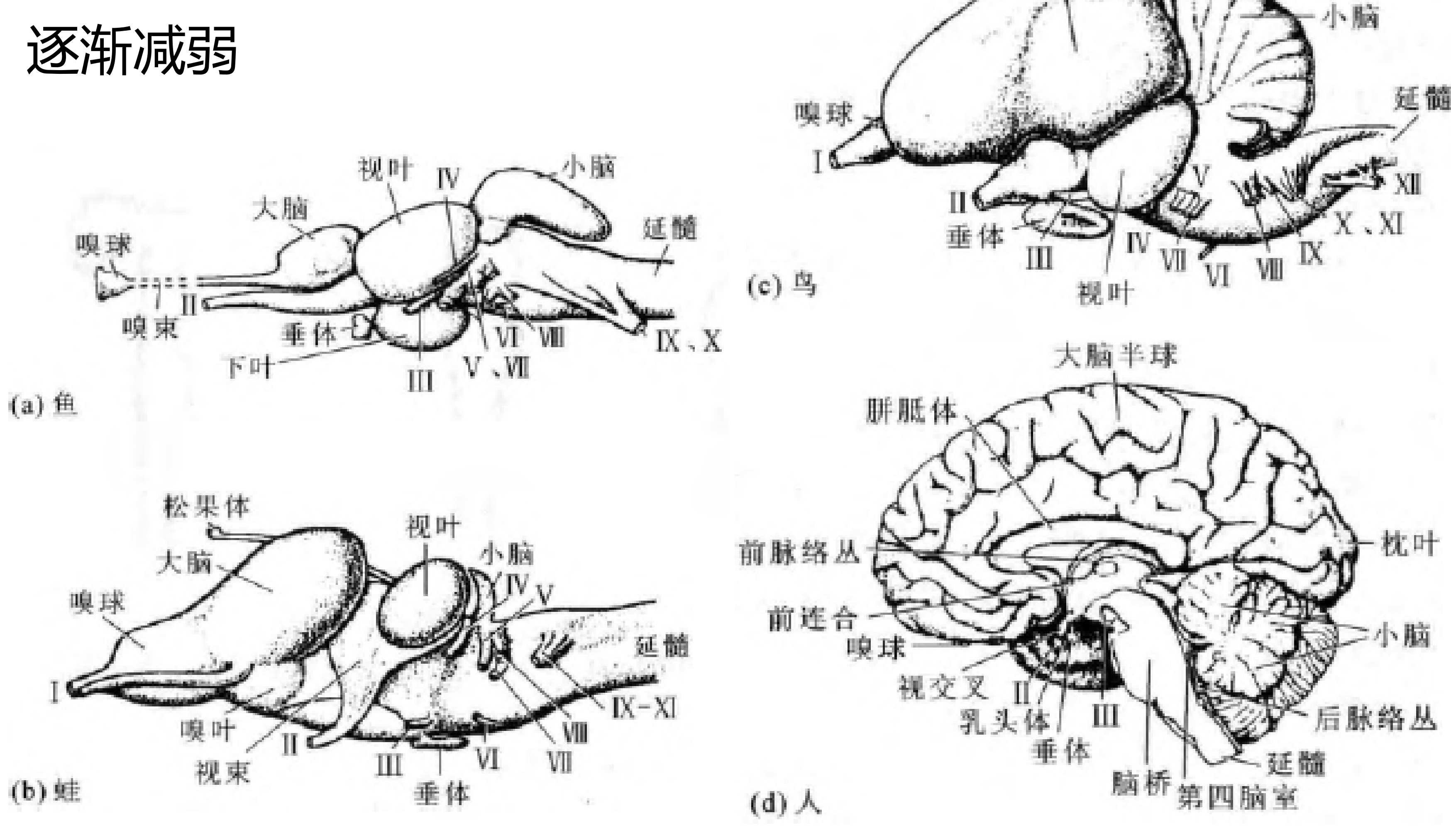


成年脑
端脑
间脑
中脑
脑桥和小脑
延髓
脊髓
外胚层-神经管
前部-脑
前脑
端脑
大脑
间脑
丘脑
下丘脑
松果体
中脑
后脑
脑桥
小脑
延髓
后部-脊髓

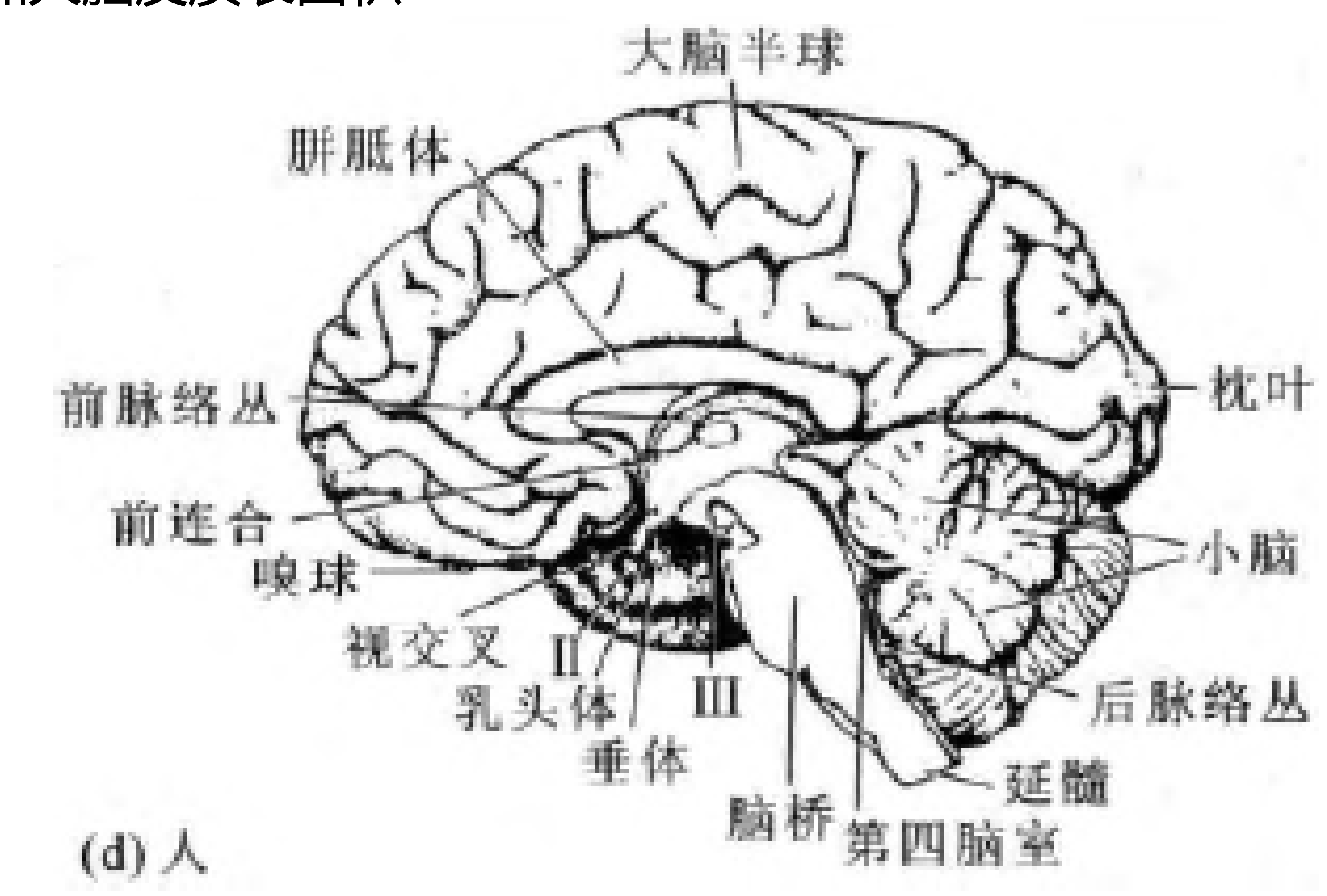
➢2.脊椎动物中枢神经系统的进化

鸟、哺乳动物：脑是神经系统的主导地位。

脑
- 大脑：大为发达，进化主流
- 中脑：变化不大，逐渐减弱
- 小脑：逐渐发展



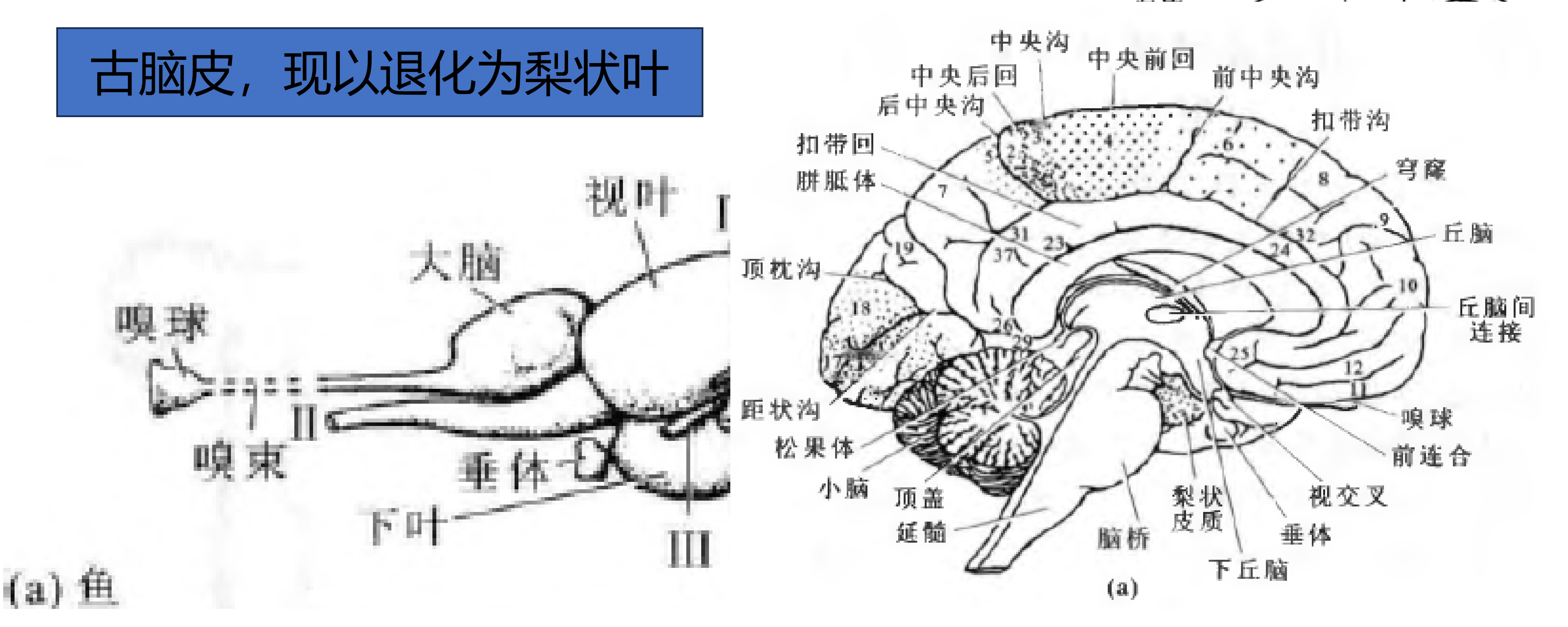
- 动物最高的调节、控制中心 —— 大脑皮层（质）
- 形成感觉的中枢
- 表面有非常多的沟、回，增加大脑皮质表面积



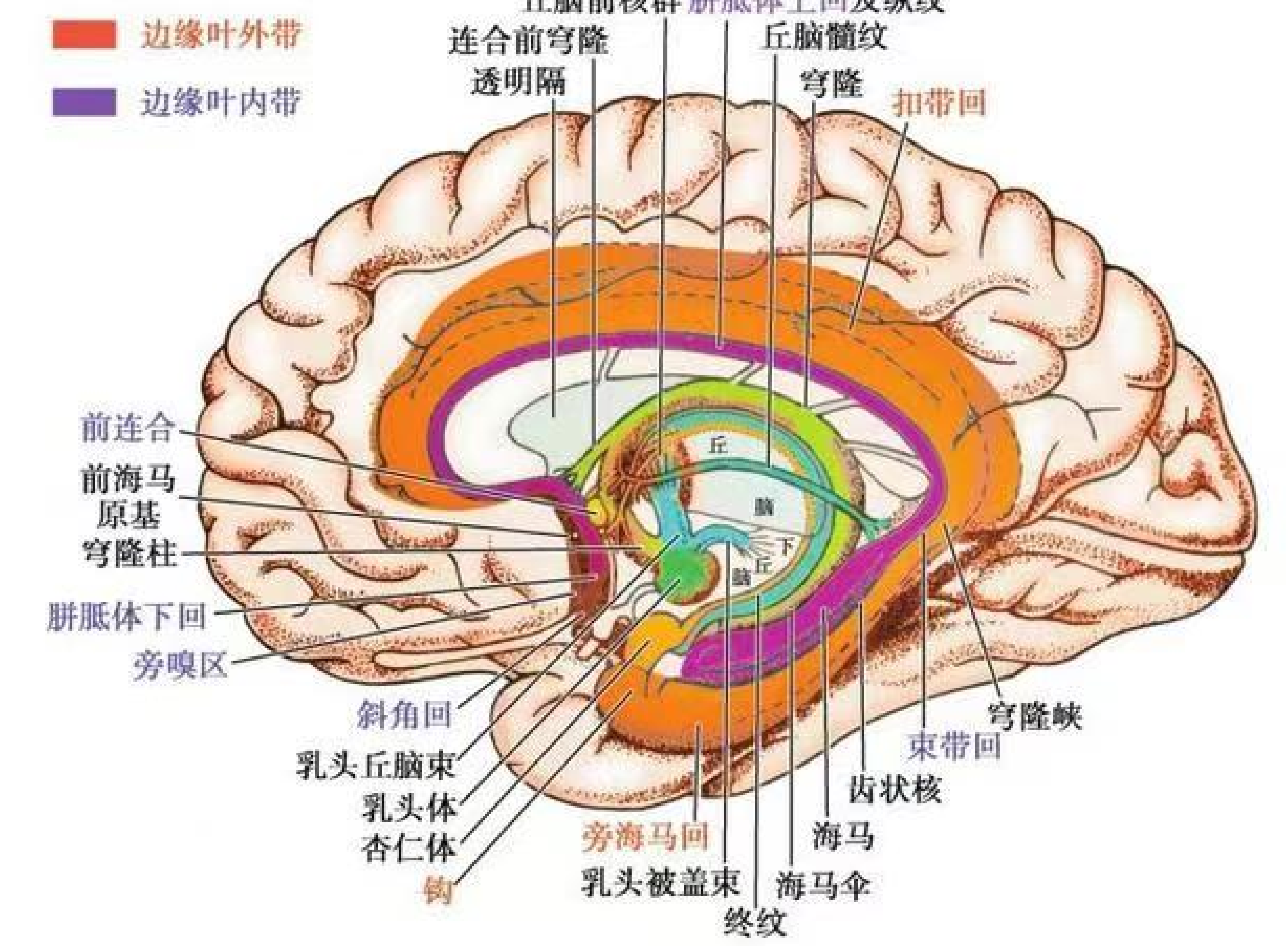
(d) 人

- 大脑最初只是一对光滑的突起，和脊髓一样，灰质在内，白质在外；
- 灰质主要由神经元的胞体和树突构成，呈暗灰色。
- 大脑的主要功能是嗅觉，其协调作用不显著。
- 现代鱼的大脑基本上处于这一阶段。

中间神经元



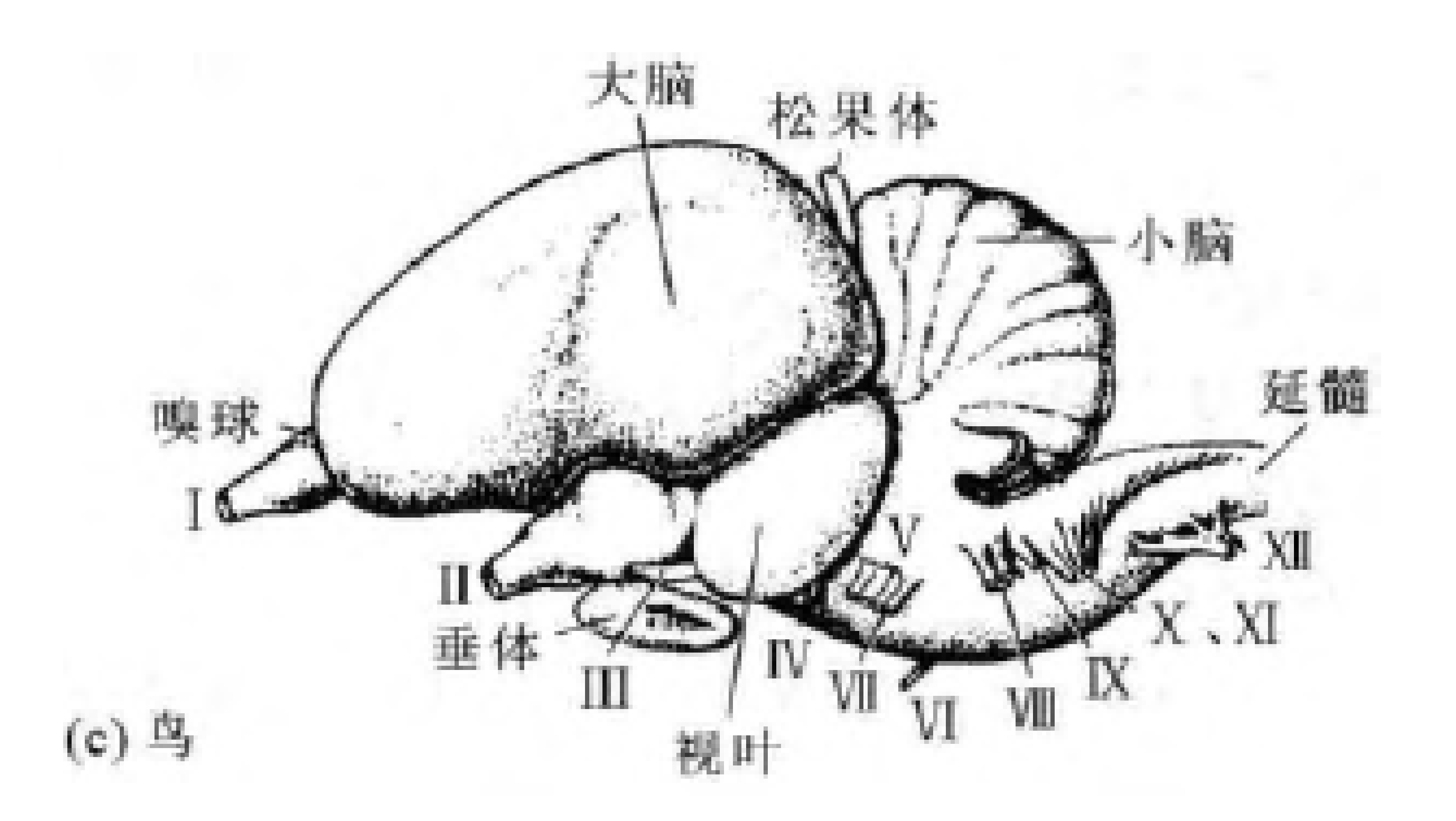
- 肺鱼、两栖动物从古代鱼发展而来，大脑中灰质增多，突触也大为增加。
- 从两栖动物开始，原来位于大脑内部的灰质逐渐向外转移，最后覆盖在大脑表面，形成大脑皮质
- 两栖动物和许多爬行
- 现退化为海马。



嗅球

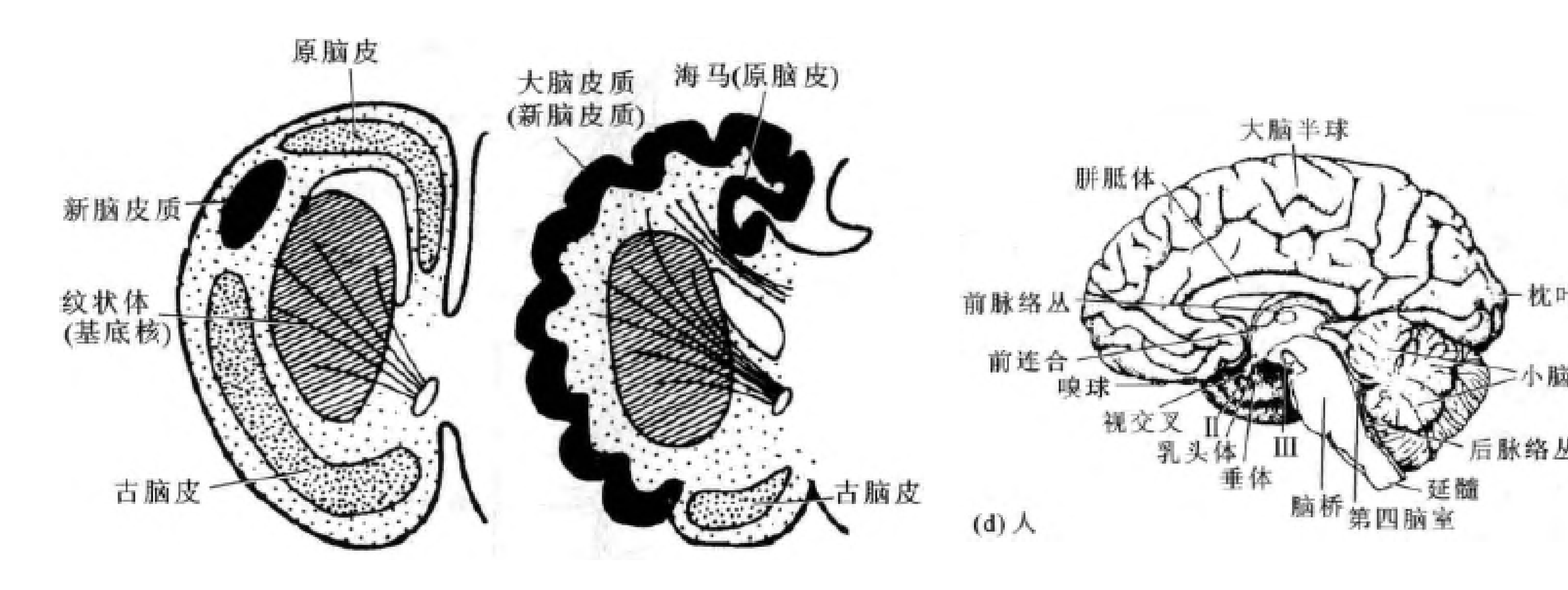
(b) 蛙

- 鸟类是从原始的爬行动物发展来的；
- 低等爬行动物没有新脑皮质，故鸟也没有新脑皮质（仍为古脑皮和原脑皮）；
- 鸟大脑表面光滑，没有哺乳动物大脑皮质上的许多褶皱；
- 鸟的嗅觉退化，大脑的顶壁很薄，但底部十分发达，称为纹状体，纹状体是鸟复杂的本能活动等高级功能的中枢。



(c) 鸟

- 在高等爬行动物的大脑部分出现了新脑皮质，哺乳动物是从这类爬行动物进化而来的，原脑皮、古脑皮缩小，新脑皮质有更大的发展；
- 在低等哺乳动物，新脑皮质也已几乎盖住了大部分前脑的表面；
- 人类的大脑皮质几乎都是新脑皮质，原来的脑皮被包到新脑皮质内部；
- 大脑皮质体积增大，表面出现沟、回，功能也越来越重要，成为动物体最高级中枢



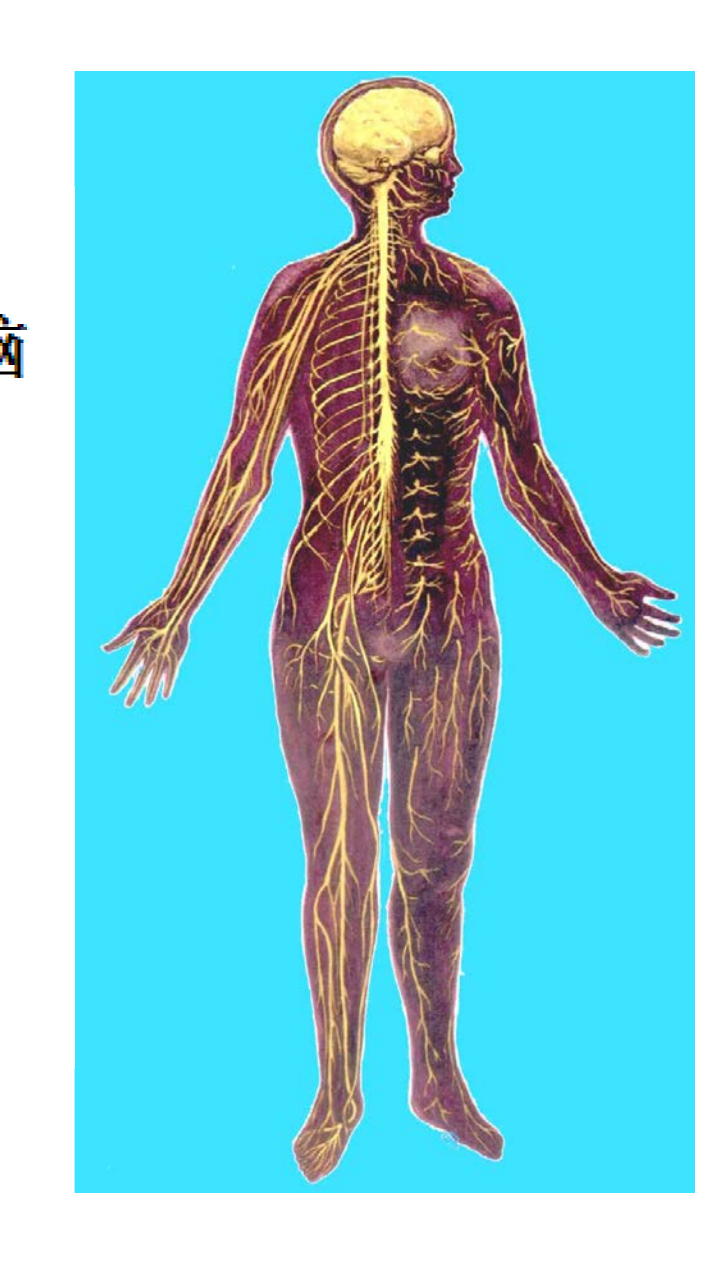
人的神经系统

神经系统
- 中枢
  - 脑：延脑、脑桥、小脑、中脑、间脑、大脑
  - 脊髓：位于椎管内
- 周围

按发出的位置：

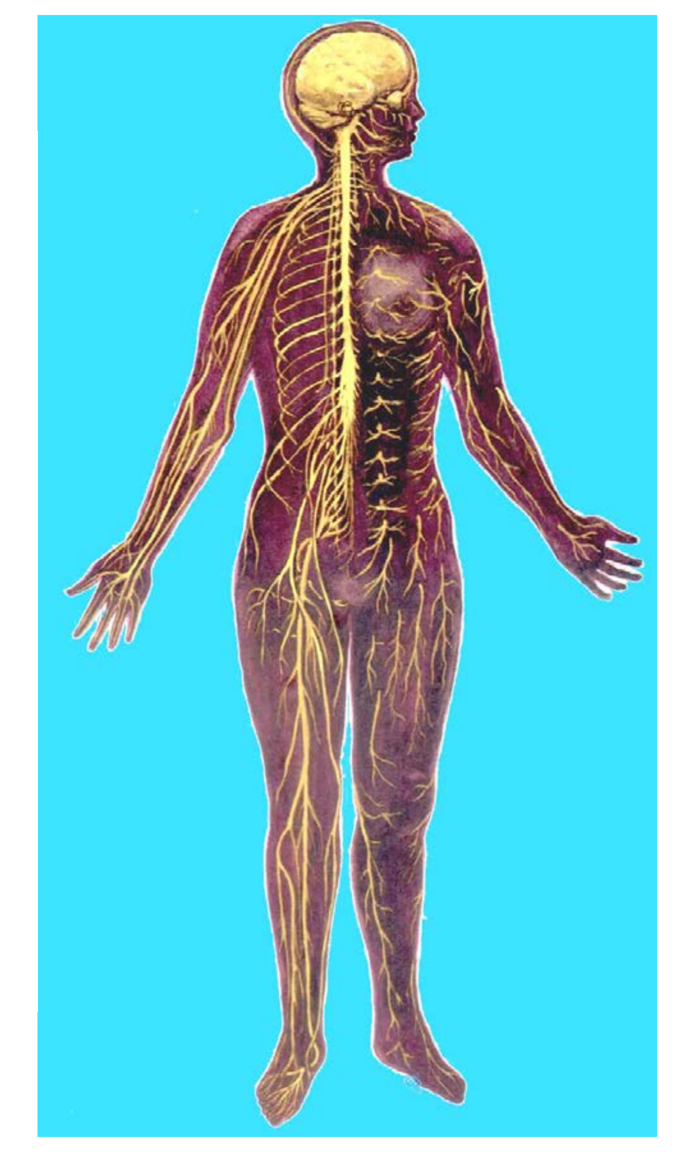
分为

脑神经、脊神经



人的神经系统

神经系统
- 中枢
  - 脑：延脑、脑桥、小脑、中脑、间脑、大脑
  - 脊髓：位于椎管内
- 周围
  - 传入（感觉）
  - 传出（运动）
    - 躯体
    - 内脏
      - 交感神经
      - 副交感神经



内脏神经的传出部分又称为自主神经系统或植物神经系统。

1、脊髓

➤位于脊椎管中，上端在枕骨大孔处与脑相连，总长约45cm。包括灰质、白质、中央管。

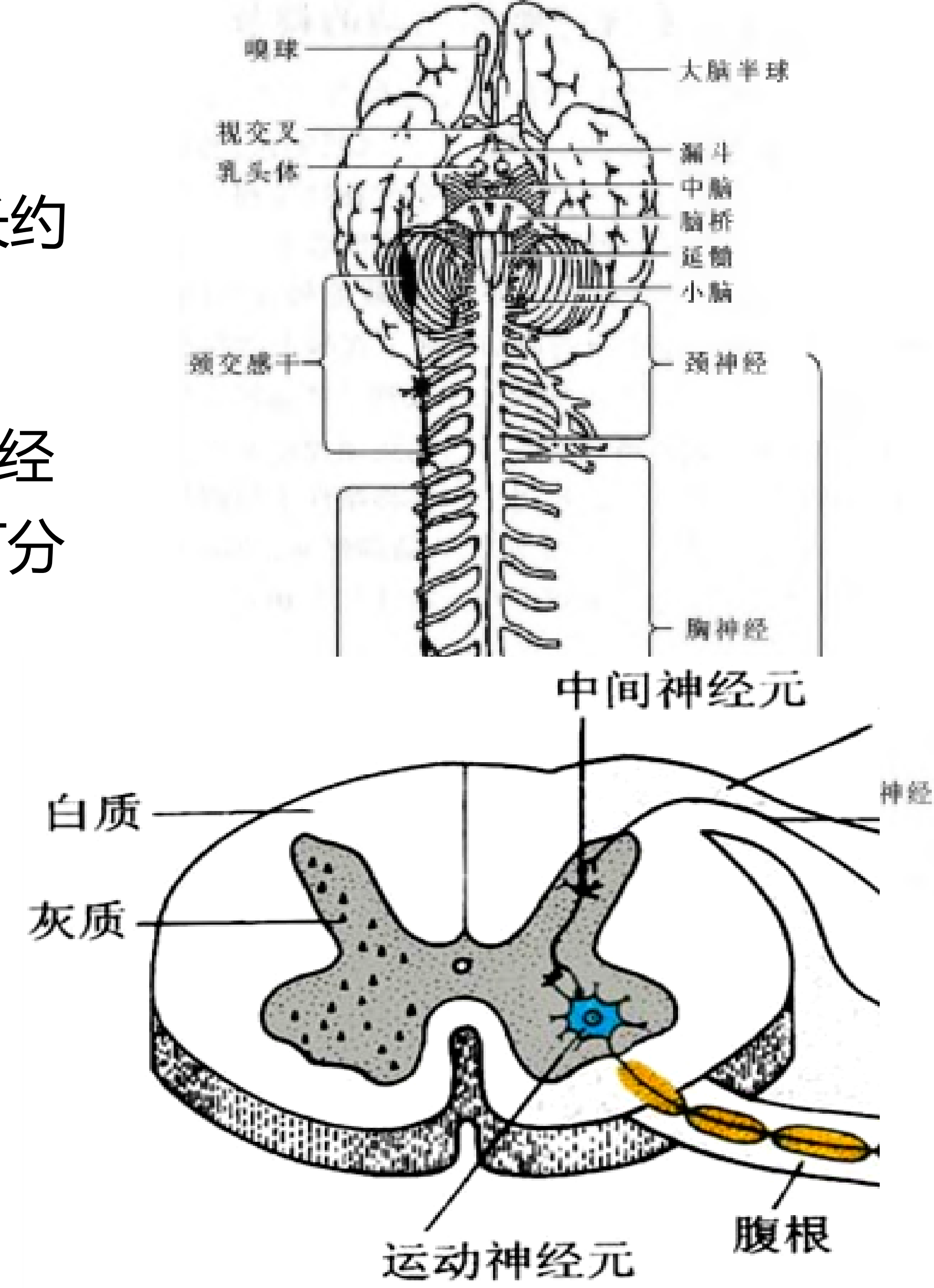
➤灰质：横切面呈“H”形，全长呈柱状，主要由神经元的胞体和树突构成，为暗灰色。按其所在位置可分为前角、后角和侧角。

➤前角与前根联系，前根为运动性神经纤维；

➤后角与后根联系，后根为感觉性神经纤维

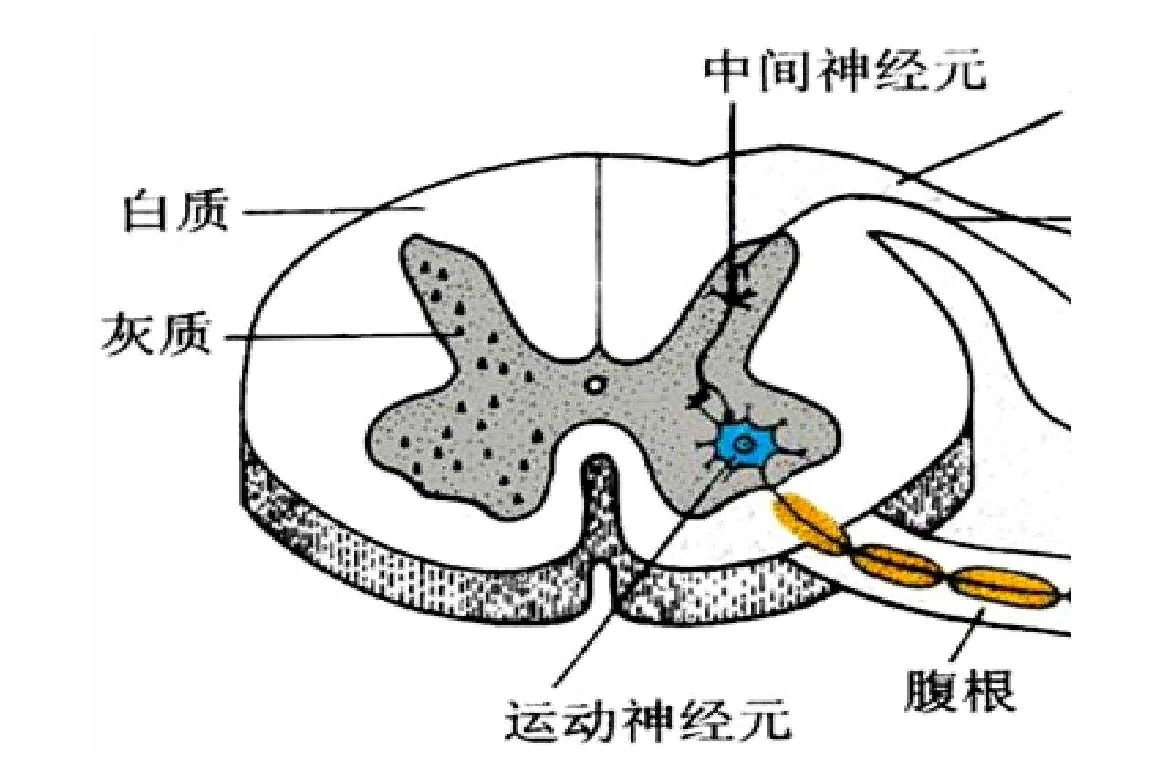
➤胸腰段前后角之间有侧角

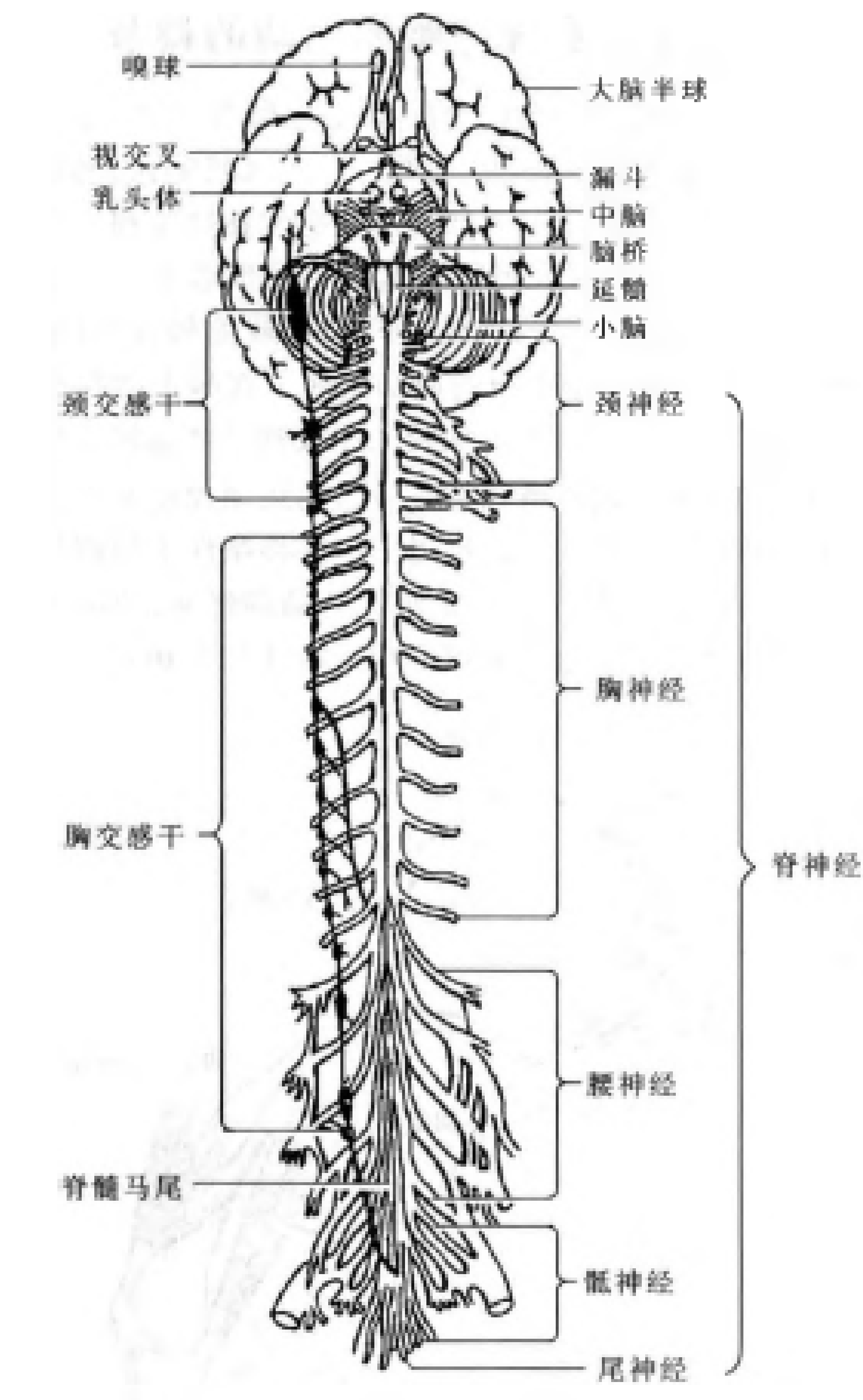
➤中央管中有脑脊液



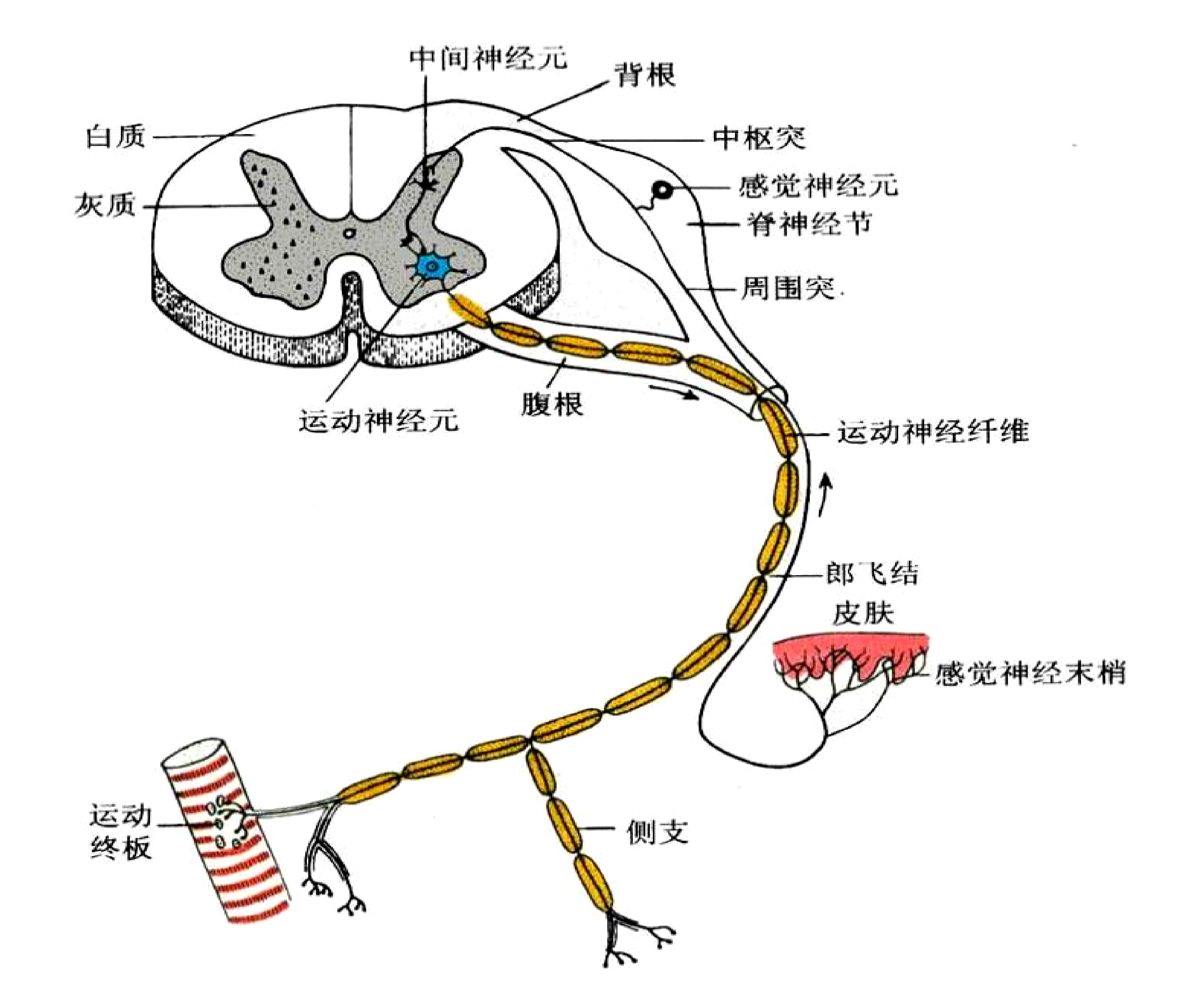
1、脊髓

- 白质：灰质的外围，主要由上、下行的神经纤维束组成，因有髓神经纤维所含髓磷脂较多，呈现白色。



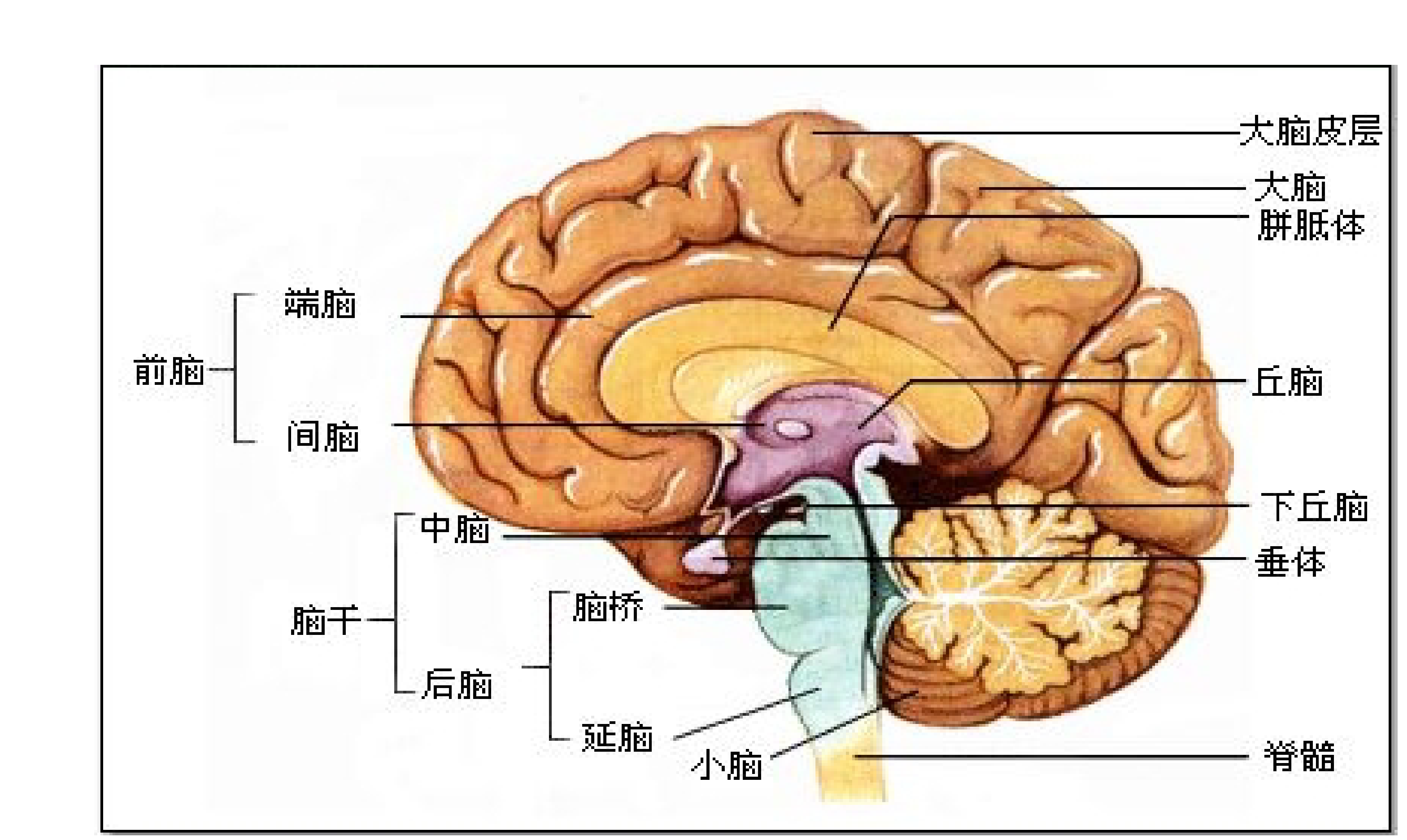


脊髓及神经


中间神经元
背根
白质
中枢突
感觉神经元
灰质
脊神经节
周围突
运动神经元
腹根
运动神经纤维
郎飞结
皮肤
感觉神经末梢
运动
终板
侧支

2、脑

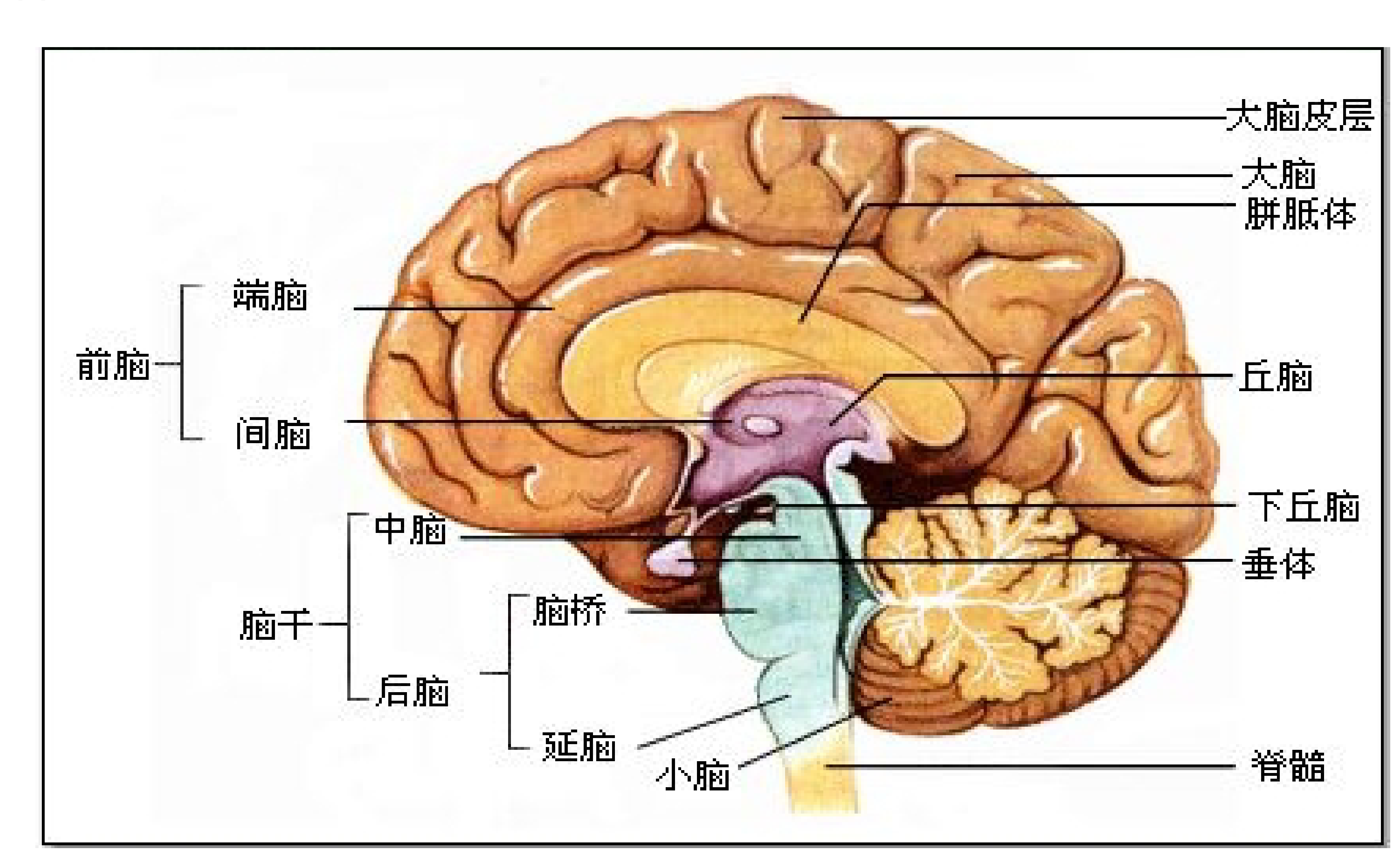
- 脑位于颅腔内，由大脑、间脑、中脑、脑桥、延髓和小脑组成，通常把中脑、脑桥和延髓合称为脑干。



2、脑

- 脑干：脑干是大脑、小脑与脊髓之间连系的干道。
- 包括3部分，脑干下端为延髓，与脊髓相连，宽大的中部为脑桥，上端缩窄的部分为中脑，向上与间脑相连。

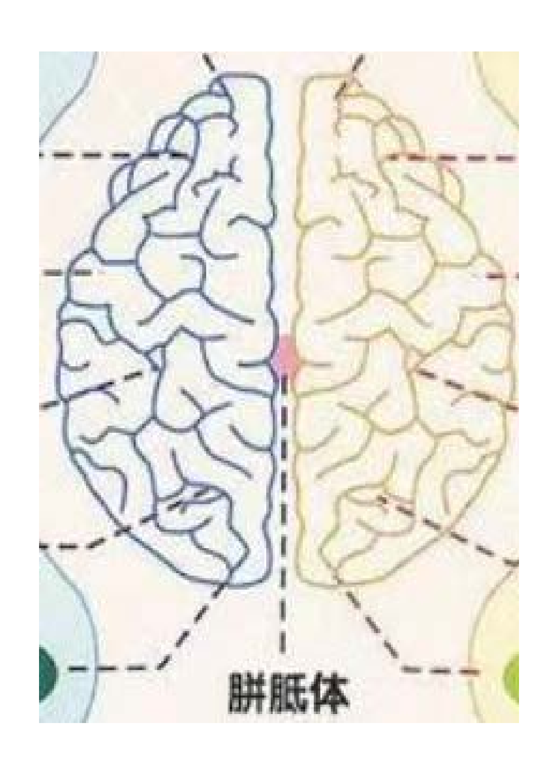
- 脑干内还有许多重要中枢，如心血管中枢、呼吸中枢、吞咽中枢等。

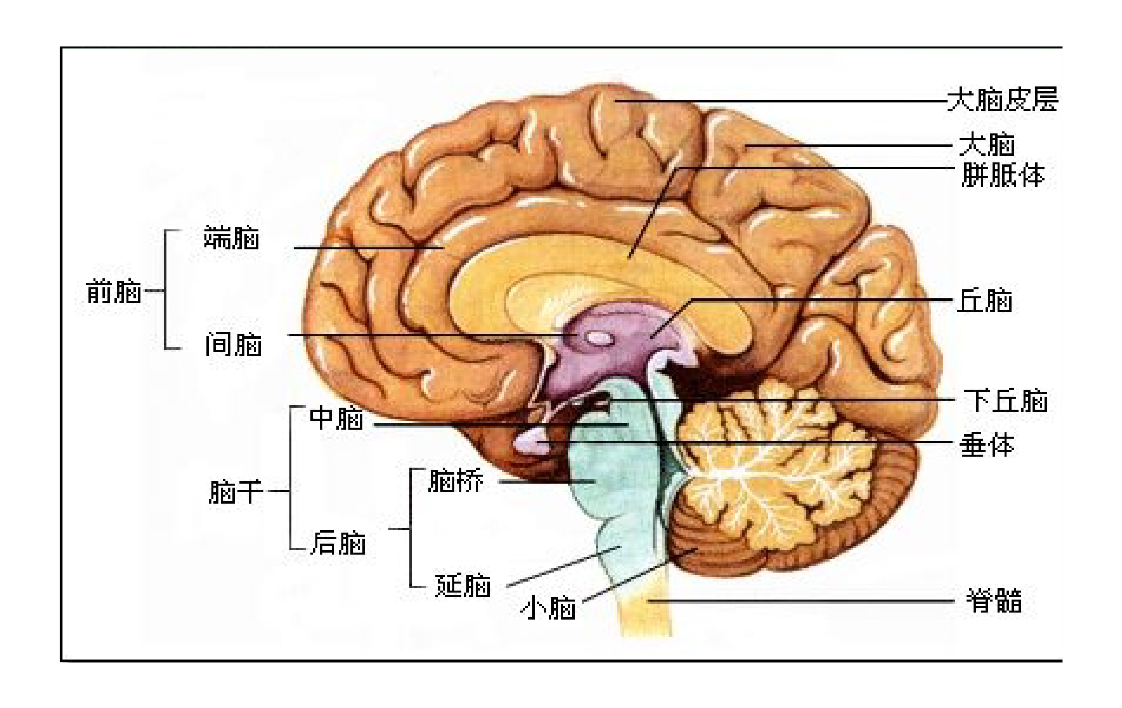


2、脑

- 小脑：位于延髓和脑桥背面，有中央与左右半球，外灰质内白质，是平衡、协调肌肉运动的控制中心。

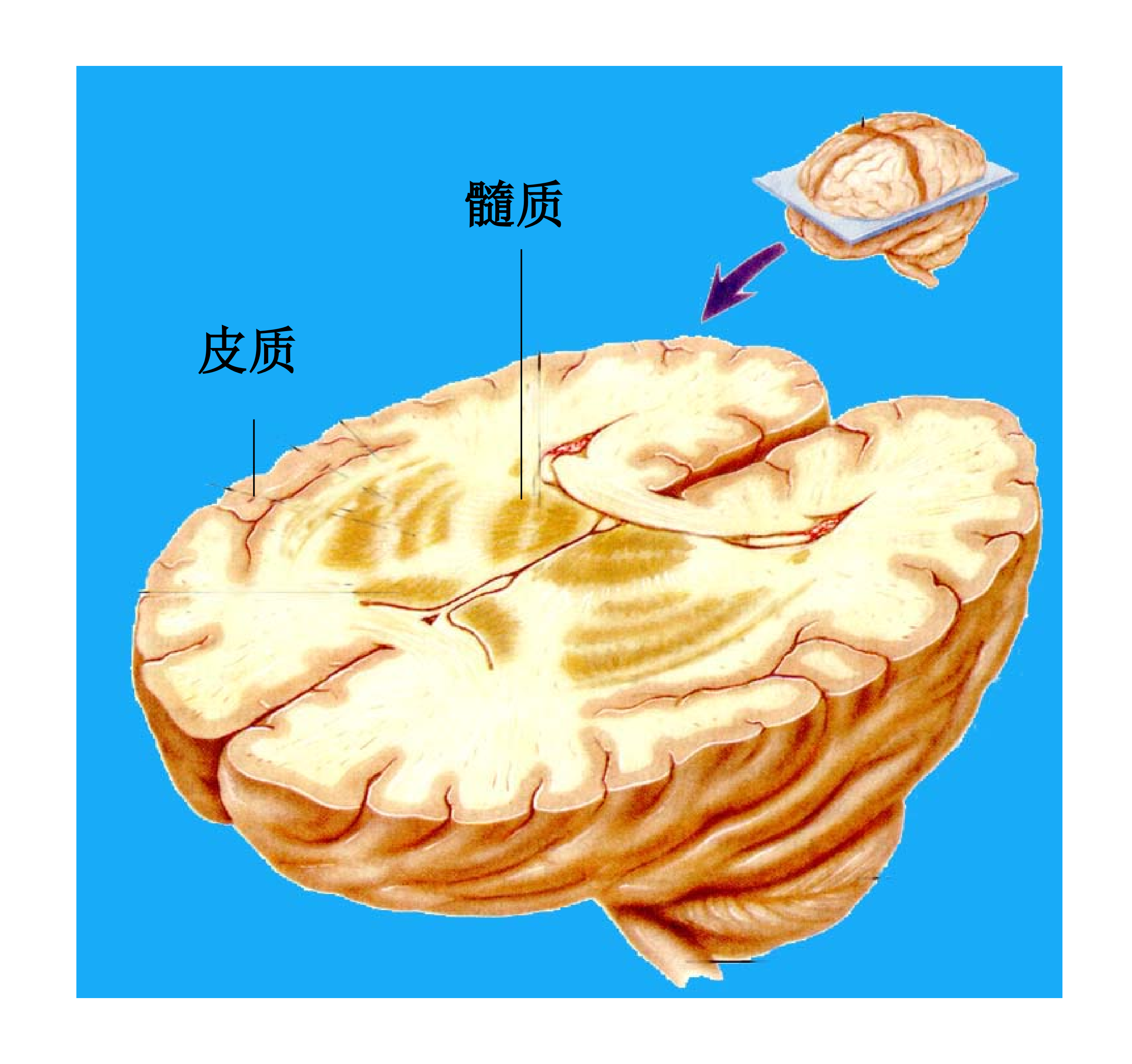
- 大脑：左右两半球，外灰质为大脑皮层（$1m^2$），内白质髓质，髓质中有灰质核团，称为基底神经节。是最高级控制中枢。
- 两个半球之间有神经纤维连接，称为胼胝体。





大脑内部结构：

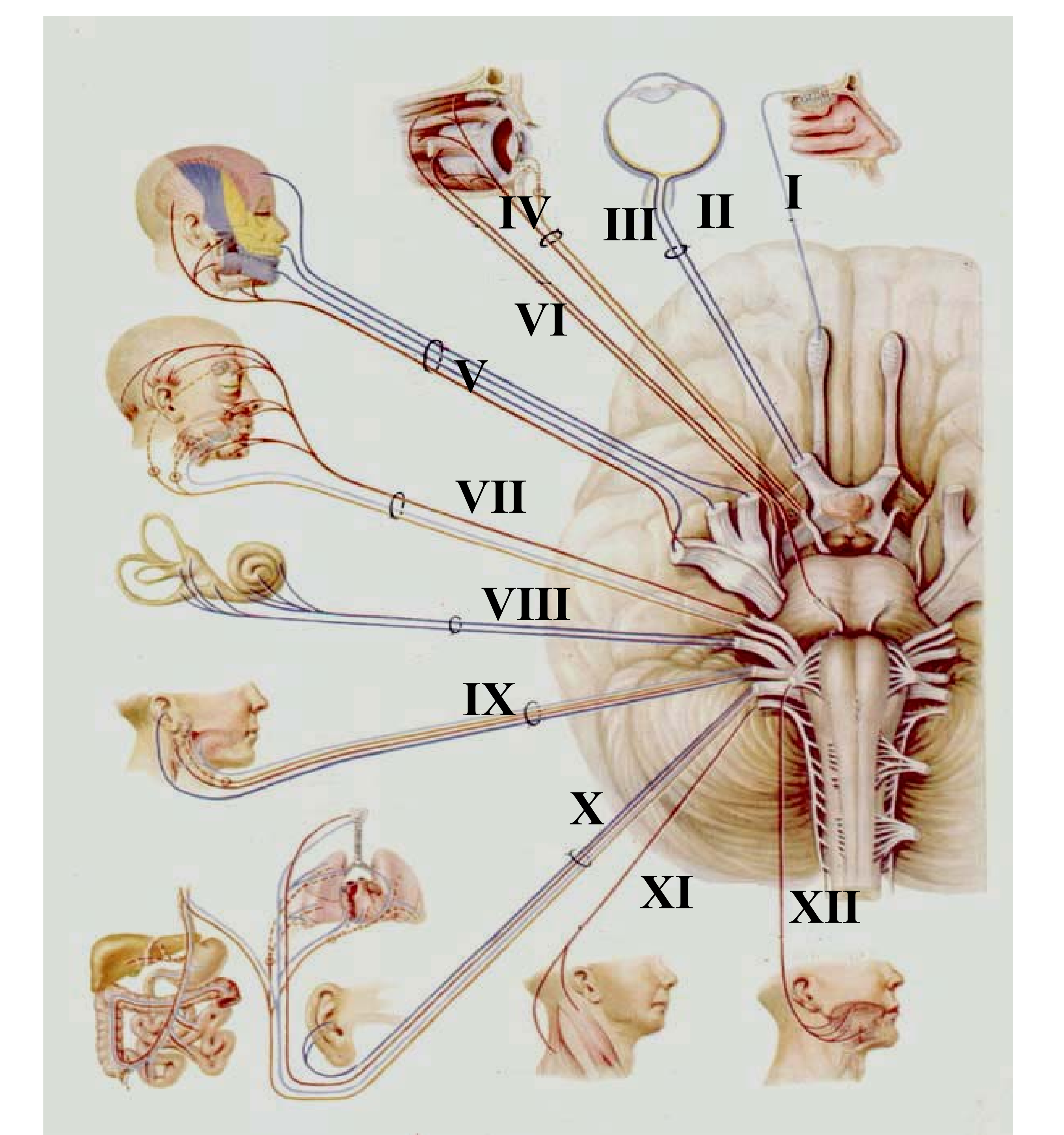
- 灰质：皮质
  神经核
- 白质（髓质）
  网状结构



3、脑神经（12对）

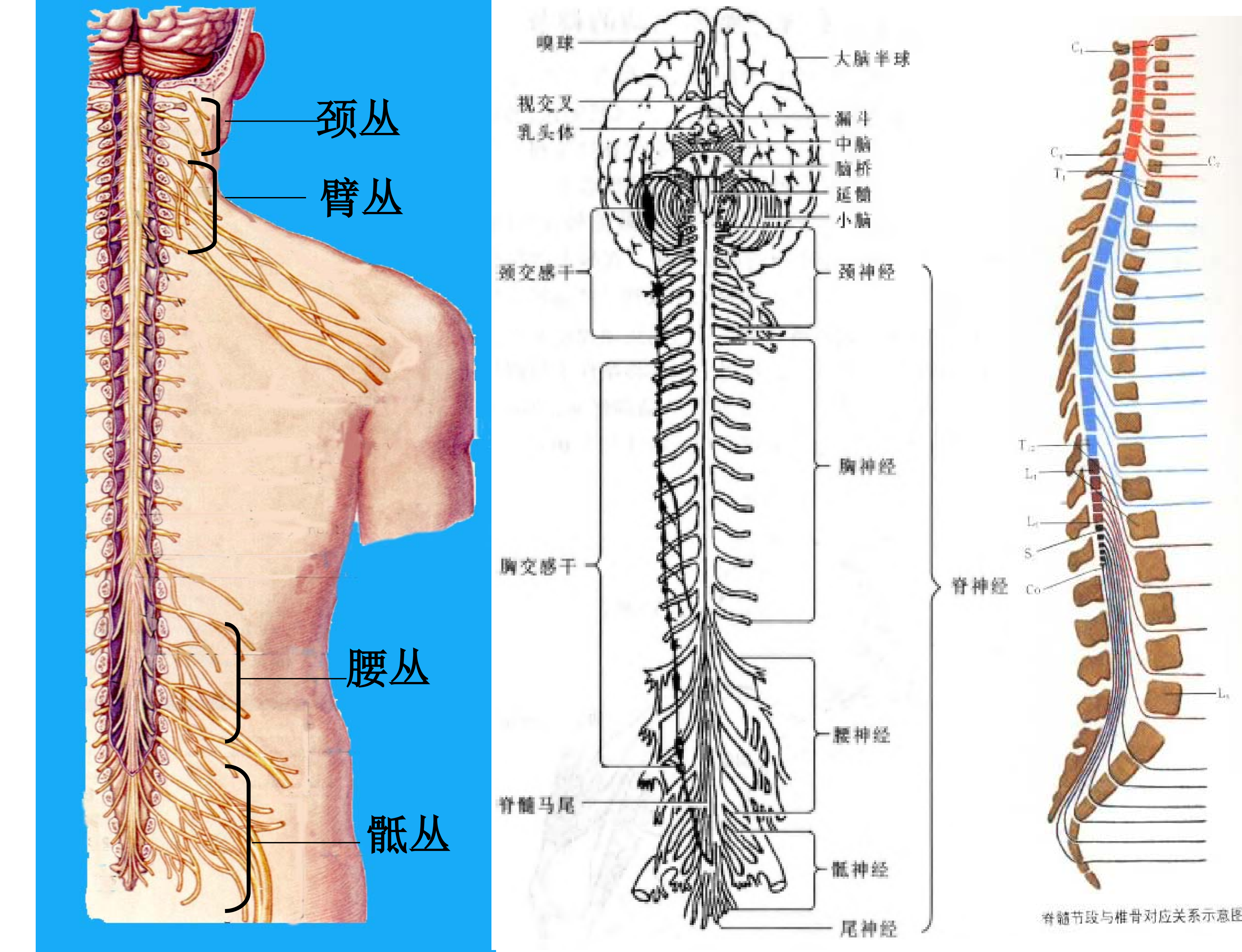
包括运动神经元、感觉神经元、混合神经元三类

Ⅰ 嗅神经
Ⅱ 视神经
Ⅲ 动眼神经
Ⅳ 滑车神经
Ⅴ 三叉神经
Ⅵ 展神经
Ⅶ 面神经
Ⅷ 前庭蜗神经
Ⅸ 舌咽神经
Ⅹ 迷走神经
Ⅺ 副神经
Ⅻ 舌下神经



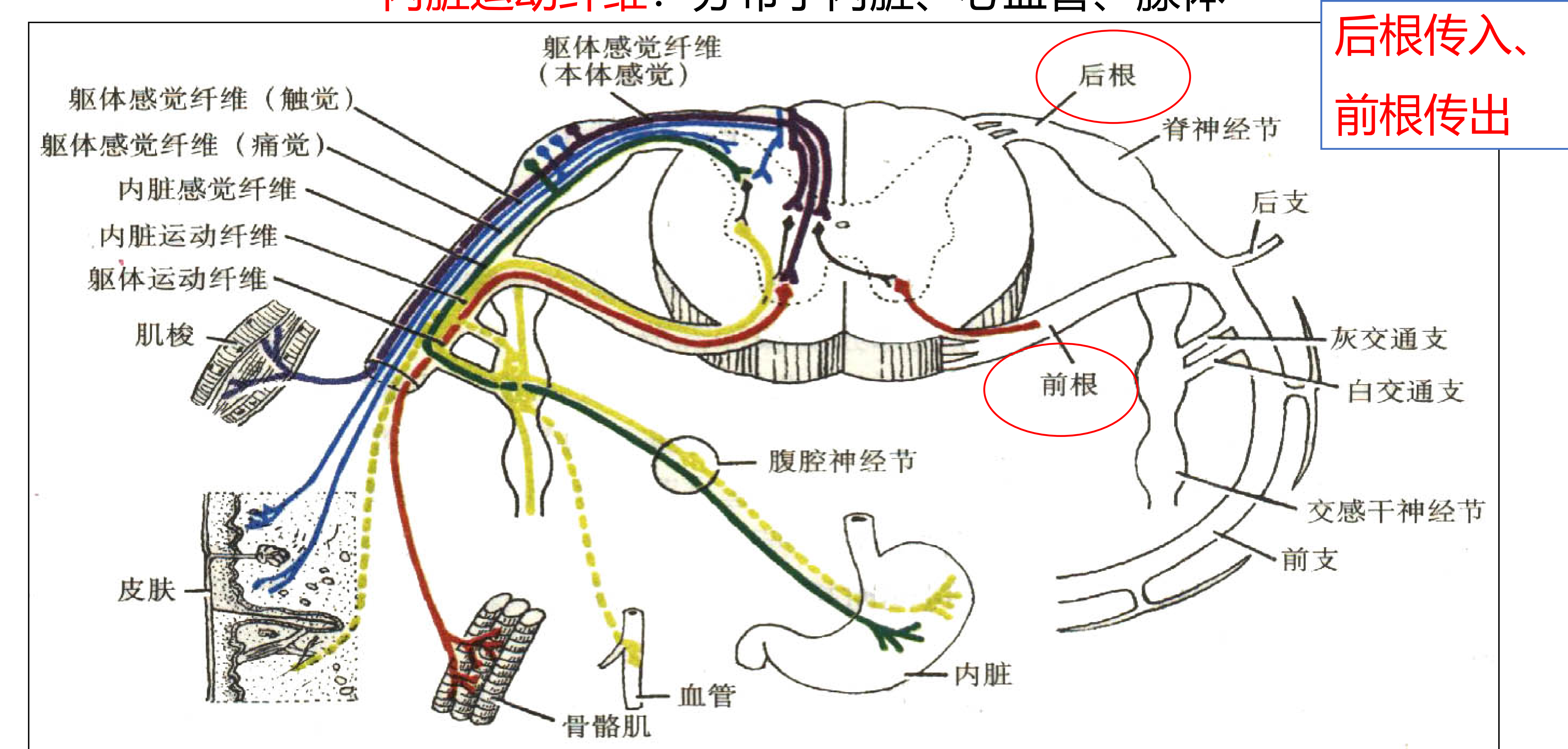
4、脊神经（31对）

- ➢颈神经：8对
- ➢胸神经：12对
- ➢腰神经：5对
- ➢骶神经：5对
- ➢尾神经：1对



感觉神经纤维
- 躯体感觉纤维：分布于皮肤、骨骼肌、腱、关节
- 内脏感觉纤维：分布于内脏、心血管、腺体

运动神经纤维
- 躯体运动纤维：分布于骨骼肌
- 内脏运动纤维：分布于内脏、心血管、腺体



后根传入、
前根传出

三、脊椎动物神经系统的功能

（一）神经系统活动的基本方式——反射

1、反射：通过中枢神经系统，机体对各种刺激所发生的有规律的反应。

(应激性——有利于人和动物适应环境)

2、反射弧：
- 感受器
- 传入神经
- 反射中枢
- 传出神经
- 效应器

反射弧是完成反射活动的结构基础。

(完整的反射弧是必备条件)

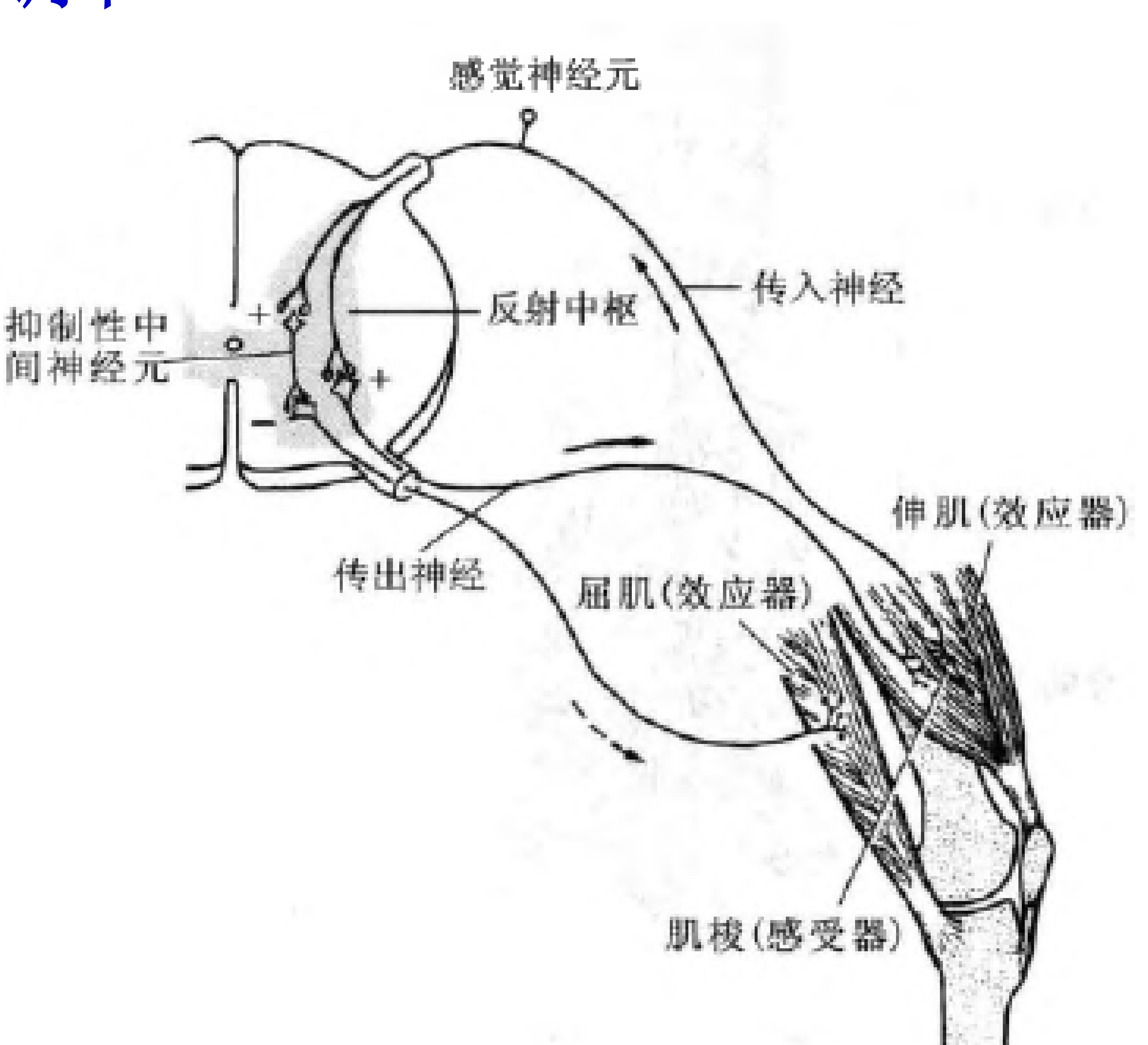
3、反射的类型

反射类型		形成过程	神经中枢	反射弧	神经活动类型	反射特征
非条件反射		先天性	大脑皮层以下（脊髓、脑干）	固定	低级神经活动	人和动物共有
条件反射	由具体刺激	后天性	大脑皮层	易变	高级神经活动	
	由抽象刺激					人类特有

（二）神经系统对躯体运动的调节

1、脊髓对躯体运动的调节

➢ **二元反射弧**：**最简单**的反射弧，只需要<u>一个感觉神经元</u>和<u>一个运动神经元</u>，没有其他中间神经元的参与。如：敲击股四头肌引起膝跳反射。



（二）神经系统对躯体运动的调节

1、脊髓对躯体运动的调节

- **二元反射弧**
- **多突触脊髓反射**：**涉及2个以上神经元所组成的反射弧。**

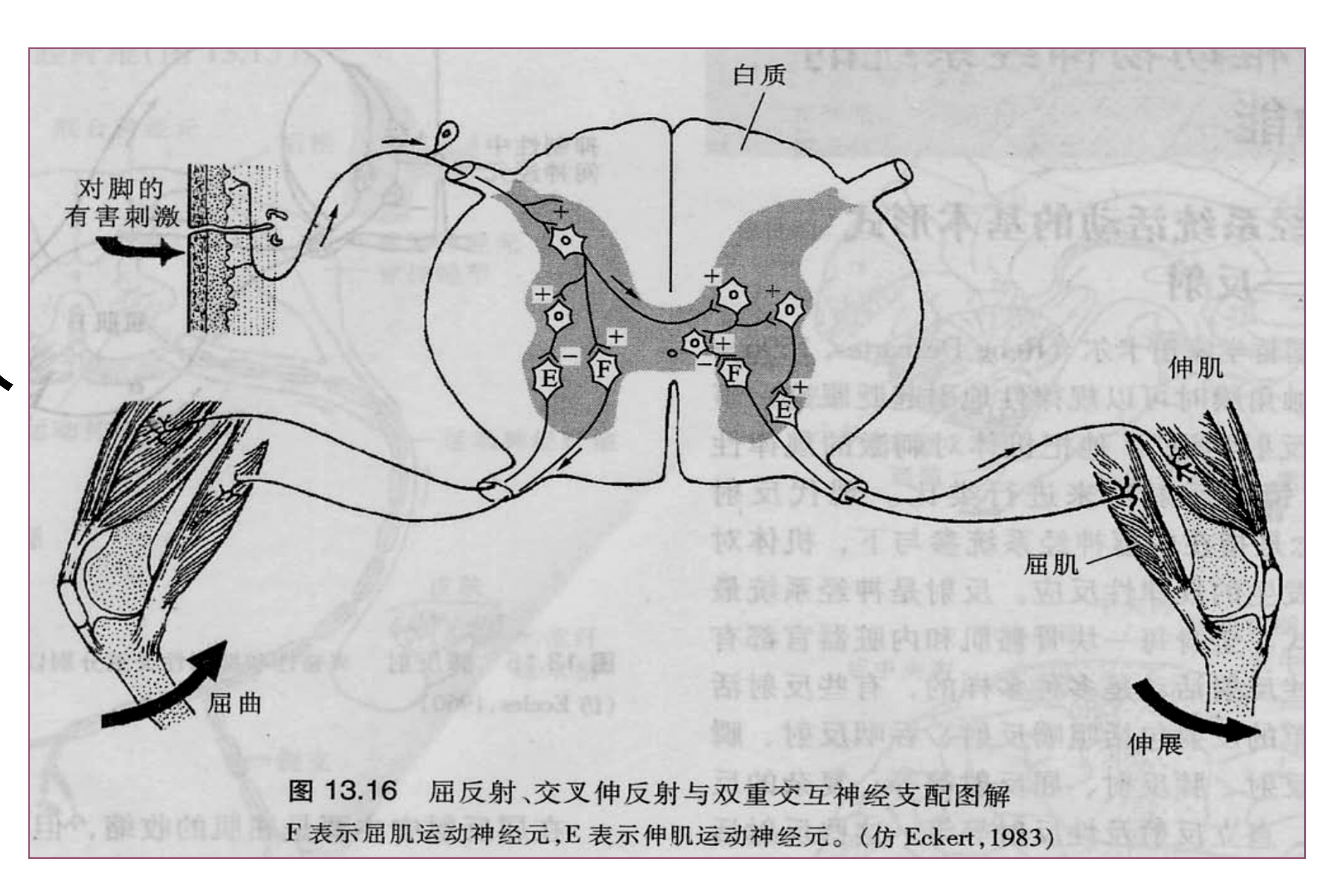
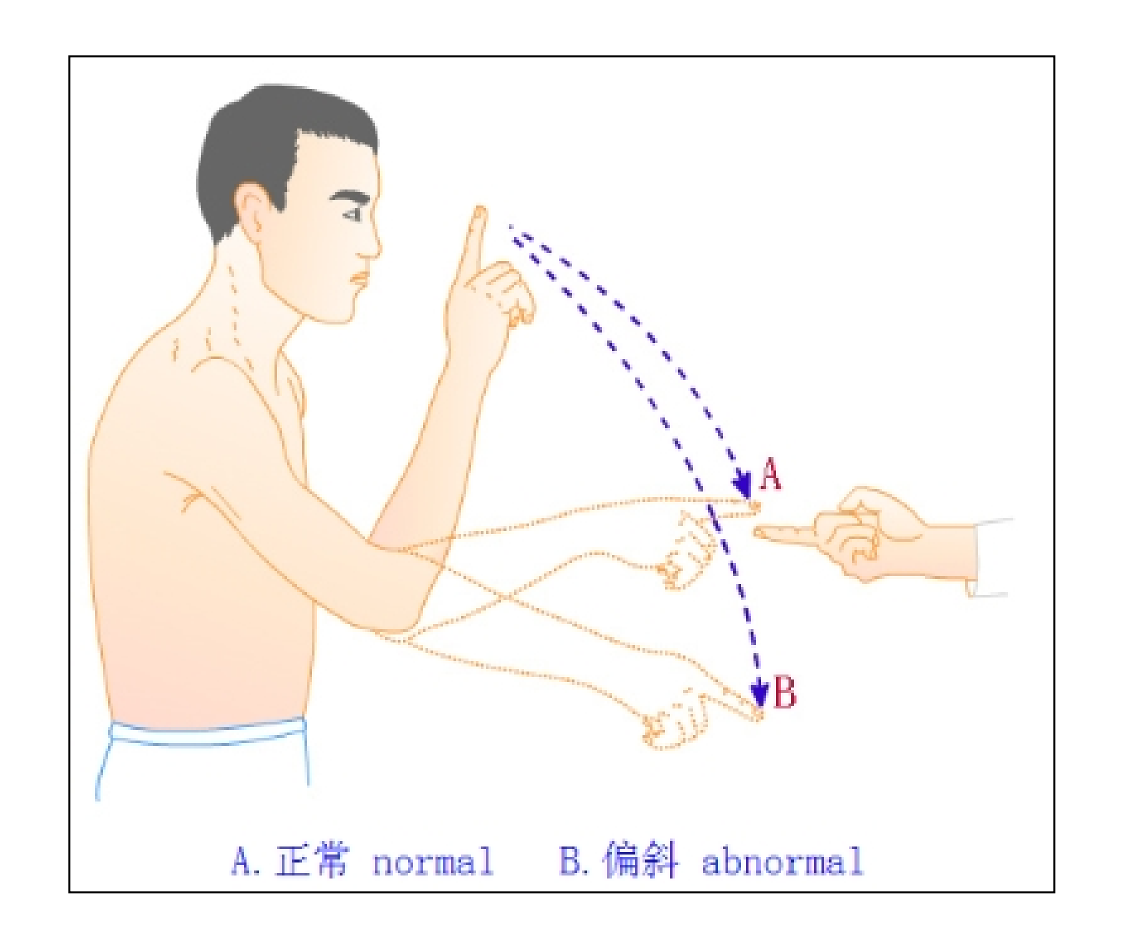


图 13.16　屈反射、交叉伸反射与双重交互神经支配图解

F 表示屈肌运动神经元，E 表示伸肌运动神经元。（仿 Eckert，1983）

2、中枢神经系统对躯体运动的调节

- 脊髓的反射活动还会**受到中枢神经系统的调节**；
- **小脑**主要是维持身体平衡，调整躯体不同部分的肌紧张以及**随意运动**的协调作用。小脑受损后表现随意运动的震颤，丧失精密动作的能力。



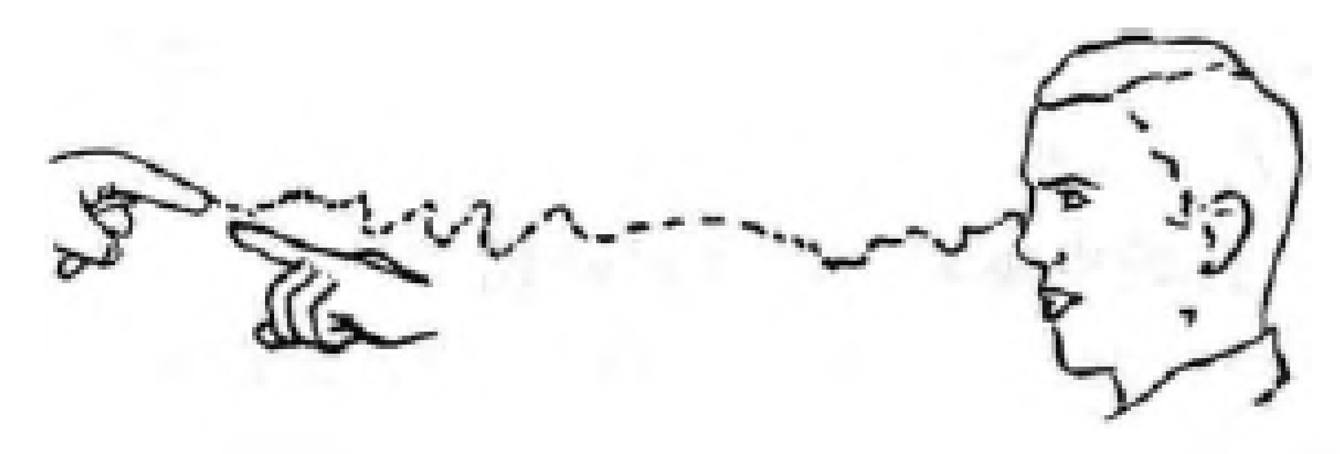


图 13.17　患者的手指从鼻尖移向他人手指时的震颤记录(仿自 Ruch,1960)

2、中枢神经系统对躯体运动的调节（P172）

- 脊髓的反射活动还会受到中枢神经系统的调节；
- 脑干：重要的生命活动中枢：心血管中枢、呼吸中枢、呕吐中枢、吞咽中枢；
- 下丘脑：是控制内脏活动的高级中枢，有体温调节中枢、血糖平衡中枢、水盐平衡中枢等，通过下丘脑-垂体还可以影响内分泌活动；
- 大脑皮质：对内脏的控制区主要在边缘皮层，边缘系统位于大脑皮层内侧面。刺激边缘皮层不同部位可以引起复杂的内脏功能反应。边缘系统的活动和情绪变化关系极为密切。

（三）神经系统对内脏活动的调节

- **内脏器官的生理活动，比如心跳、呼吸、血压、胃肠蠕动、体温调节等一般不受意识和意志的控制，因此它们的反射被称为自主反射；因此称这类神经系统为自主神经系统。**

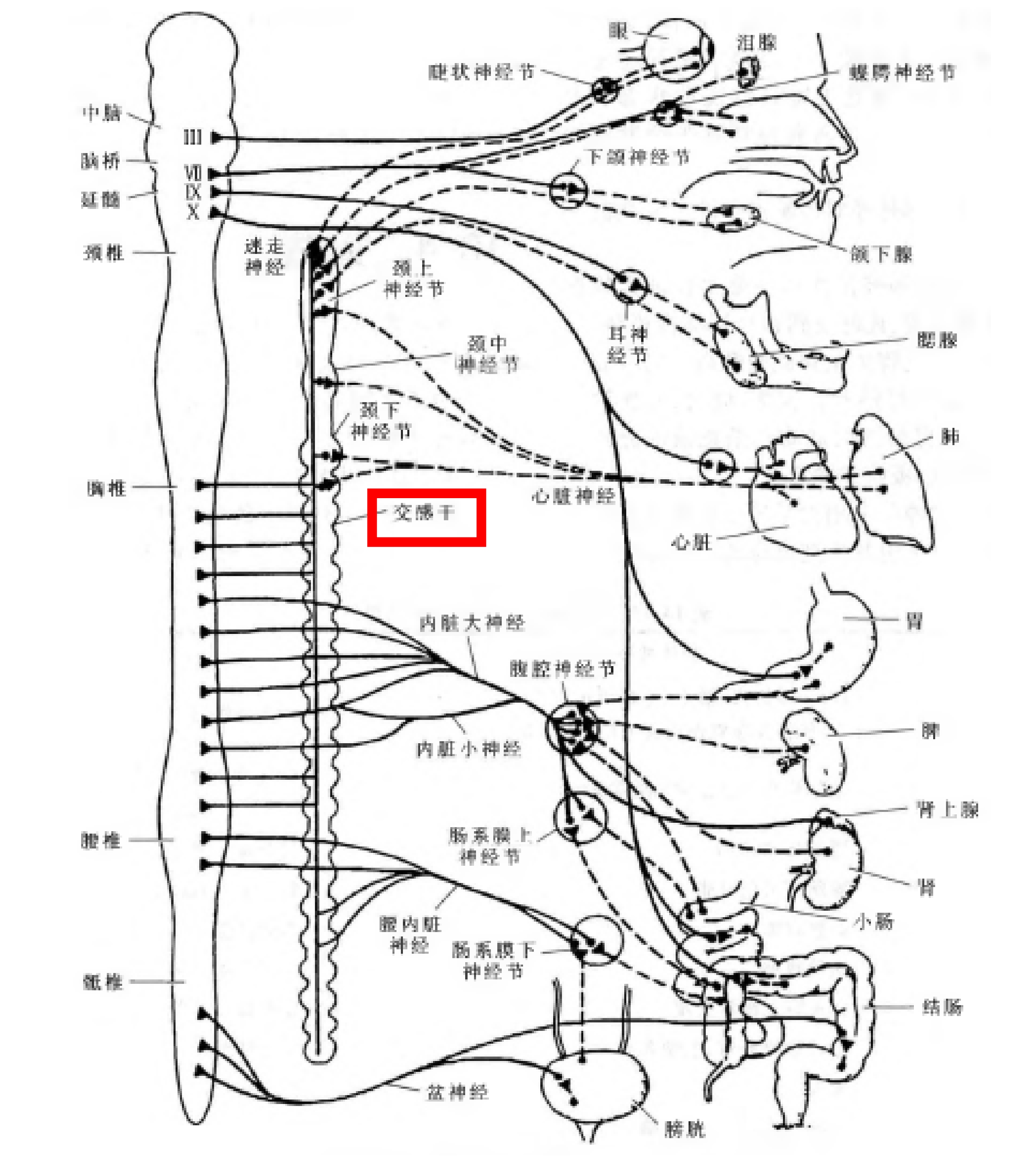
- 剧烈运动——心跳加速、呼吸困难
- 看到美女——脸红、血压升高
- 遇到困难——焦急流汗

（三）神经系统对内脏活动的调节

- 躯体传出神经纤维从中枢发出后直接达到效应器——骨骼肌，
- 而中枢发出的内脏传出神经纤维必须在中枢外的一个神经节中换一个神经元。
- 由中枢到达这个神经节的神经纤维称为节前纤维，由神经节发出到达效应器的神经纤维称为节后纤维。
- 内脏神经系统又可按照节前神经元细胞体的位置分为交感神经与副交感神经。

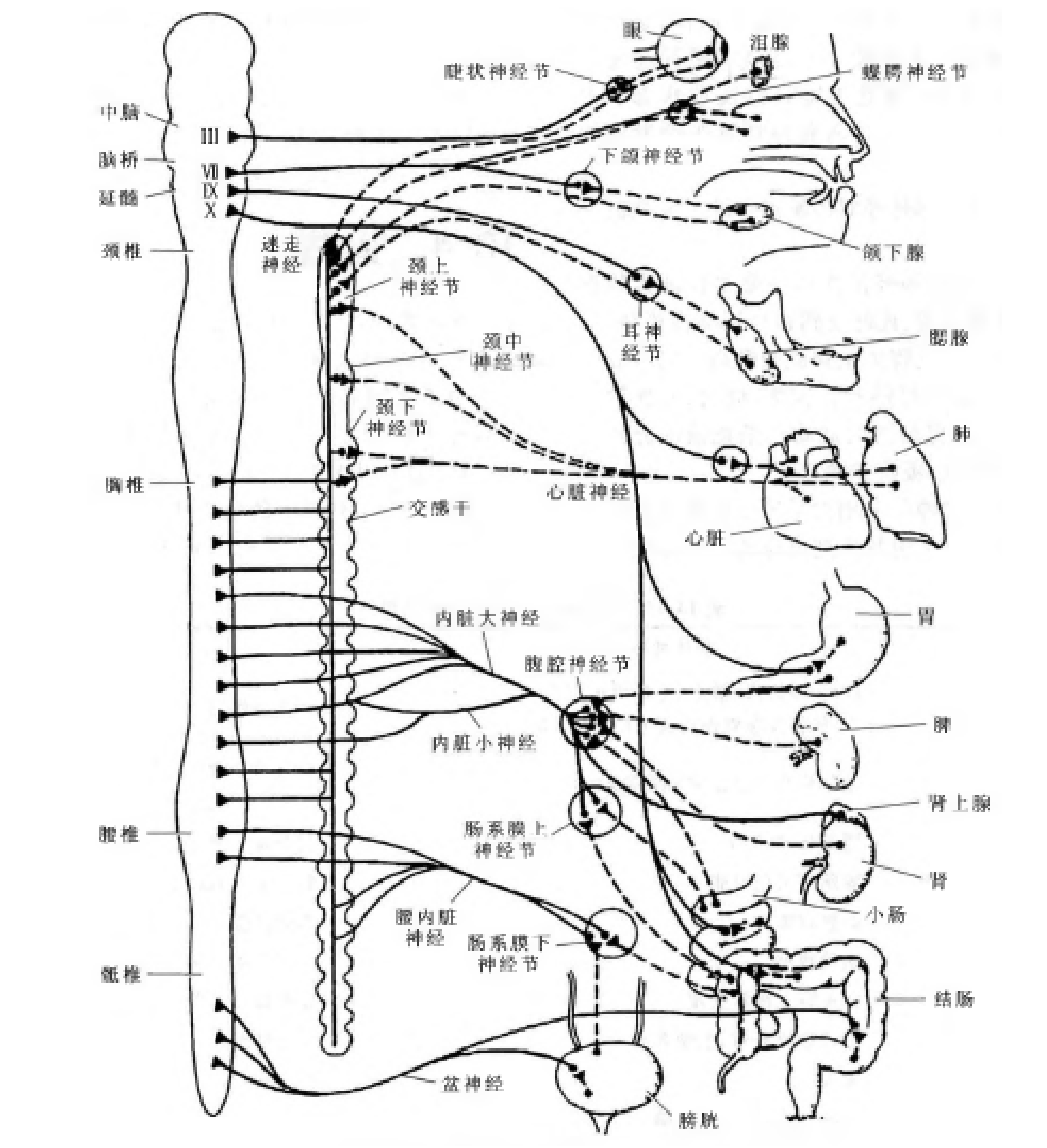
（三）神经系统对内脏活动的调节

- 交感神经纤维起源于**胸腰部**脊髓，**交感神经节大多数位于脊椎旁**，组成交感神经干(链)。



（三）神经系统对内脏活动的调节

- 副交感神经纤维一部分起源于脑部神经核，传出神经纤维在第Ⅲ、Ⅵ、Ⅸ、Ⅹ脑神经中；另一部分起源于骶部脊髓，随骶部前根离开脊髓，组成盆神经。
- <u>副交感神经节多数位于效应器官附近或其壁内。</u>



- 交感和副交感神经的不同点:
- a.节前神经元位置不同：胸腰部脊髓/脑干神经核及骶部脊髓内;
- b.神经节位置不同;
- c.作用效果相拮抗:
- 消耗能量、紧张状态**交感神经**作用占优势:

  保证人体在紧张状态时的生理需要，此时交感神经活动占优势，心搏加速，血压升高，支气管扩张和血糖升高

- 保存能量、安静状态**副交感神经**作用占优势:

  心血管活动水平相对降低，而胃肠管的蠕动和消化液的分泌加强，有利于营养物质的吸收和贮存（保护机体）。

- 内脏神经系统功能上的特点是双重神经支配；
- 内脏器官的功能状态决定于这两套神经紧张性发放的平衡。

表 13－1　内脏神经系统的主要功能

器官	交感神经	副交感神经
循环器官	1. 心搏加快、增强（心输出量加大） 2. 皮肤及腹腔血管收缩（血压升高）	心搏减缓、减弱
呼吸器官	支气管平滑肌舒张（管腔变粗）	支气管平滑肌收缩 （管腔变细，促进黏液分泌）
消化器官	胃肠运动减弱	胃肠运动加强，胃液、胰液分泌增多
泌尿器官	膀胱平滑肌舒张	膀胱平滑肌收缩
男性生殖器	血管收缩	血管扩张
女性生殖器	血管收缩	子宫收缩弛缓
内分泌腺	促进肾上腺素分泌	促进胰岛素分泌
代谢	促进糖原分解，血糖升高	血糖降低
眼瞳孔	散大	缩小
皮肤	汗腺分泌，竖毛肌收缩	

- 交感和副交感神经的不同点：
- a.节前神经元位置不同：胸腰部脊髓/脑干神经核及骶部脊髓内；
- b.神经节位置不同；
- c.作用效果相拮抗：

- d.神经末梢作用于效应器的神经递质不同：
  - ✓ 节前神经纤维都释放乙酰胆碱作用于神经节中的胞体；
  - ✓ 但大多数交感神经节后神经纤维释放去甲肾上腺素，副交感神经节后神经纤维释放乙酰胆碱。